

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrolisis de orina humana

Fase II.

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto Tecnológico presentado por:

José Ignacio González Estrada para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química;

Katherin Maholy Leonardo Ruiz para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía;

Rocío Monterroso Rodríguez para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía; y,

Diego Fernando Arriaza Alonzo para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencia de la Administración

Guatemala,

2016

Diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrolisis de orina humana

Fase II.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrolisis de orina humana

Fase II.

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto Tecnológico presentado por:

José Ignacio González Estrada para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química;

Katherin Maholy Leonardo Ruiz para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía;

Rocío Monterroso Rodríguez para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía; y,

Diego Fernando Arriaza Alonzo para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencia de la Administración

Guatemala,

2016

Vo. Bo.:

(f)

Ing. José Andrés Hernández
Coordinador de Megaproyecto

(f)

Ing. Gamaliel Zambrano
Director de departamento de Ingeniería
Química

Directores de los estudiantes que trabajaron en el Megaproyecto.

(f)

Licda. Carlota Escobar de Dávila
Directora del departamento de Educación

(f)

Ing. Celso Cerezo

Director del departamento de Ingeniería en Ciencia de la Administración

Fecha de aprobación: Guatemala, 28 de noviembre de 2016

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| LISTADO DE TABLAS | viii |
| LISTADO DE FIGURAS | x |
| RESUMEN | xii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| III. JUSTIFICACIÓN | 6 |
| IV. MARCO TEÓRICO | 7 |
| A. Uso de hidrógeno como combustible..... | 7 |
| B. Motor Honda GX-120 | 10 |
| C. Curvas características de bomba WB20XT | 12 |
| D. Mezcla aire-hidrógeno..... | 13 |
| E. Confiabilidad | 15 |
| F. Retraso de llama | 16 |
| G. Línea base: | 16 |
| H. Adultez temprana o emergente:..... | 19 |
| I. Adultez media: | 20 |
| J. Mediación pedagógica | 20 |
| K. Andragogía..... | 21 |
| L. Propuesta pedagógica | 21 |
| M. ¿Qué es un manual?..... | 25 |
| N. Gestión de proyectos | 26 |
| O. Herramientas de procesos | 30 |
| P. Costos de investigación | 33 |
| Q. Análisis de factibilidad..... | 34 |
| V. ANTECEDENTES | 36 |
| A. Módulo celda electrolítica fase I..... | 36 |
| B. HHO Plus Alternative Energies | 36 |
| VI. METODOLOGÍA | 44 |
| VII. RESULTADOS | 55 |
| VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 113 |
| IX. CONCLUSIONES | 131 |
| X. RECOMENDACIONES | 134 |
| XI. BIBLIOGRAFÍA | 137 |
| XII. ANEXOS..... | 142 |
| A. Datos originales | 142 |
| B. Materiales, equipos y reactivos utilizados durante las pruebas..... | 145 |

| | | |
|----|-----------------------------|-----|
| C. | Gestión de proyectos | 147 |
| D. | Visita a la comunidad | 202 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Propiedades de mezcla hidrógeno-aire, metano-aire e iso-octano-aire..... | 7 |
| Tabla 2 Especificaciones del Motor GX-120..... | 11 |
| Tabla 3 - Simbología de diagrama de flujo..... | 31 |
| Tabla 4 Descripción del Sistema utilizado en Fase I para obtención de resultados experimentales..... | 39 |
| Tabla 5 Especificaciones de equipos del sistema de Fase I..... | 39 |
| Tabla 6 Especificaciones de las válvulas utilizadas en el sistema de Fase I..... | 39 |
| Tabla 7 Condiciones de operación requeridas por el motor Honda GX-120 utilizando hidrógeno como combustible..... | 41 |
| Tabla 8 - Flujo másico promedio de hidrógeno producido a diferentes voltajes y distancias de placas, utilizando dos diferentes electrolitos (KOH y NaCl)..... | 57 |
| Tabla 9 - Costo del electrolito utilizado para una corrida en la celda electrolítica..... | 57 |
| Tabla 10 - Matriz de selección entre el electrolito KOH y NaCl..... | 57 |
| Tabla 11 - Condiciones de operación determinadas para la utilización de la celda electrolítica con base a los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas..... | 63 |
| Tabla 12 - Dimensiones de la celda electrolítica con base al diseño propuesto..... | 63 |
| Tabla 13 - Cantidad de orina que se puede obtener con las personas que habitan en la comunidad (idealmente)..... | 64 |
| Tabla 14 - Comparación entre la celda electrolítica trabajada a nivel laboratorio y la propuesta para determinar el tiempo en que se obtienen los 10g de hidrógeno y cuántas celdas se requieren para producir los 10g de hidrógeno en 2 minutos..... | 64 |
| Tabla 15 Flujos de entradas y salidas para el balance de masa de la celda electrolítica..... | 65 |
| Tabla 16 Matriz de selección de tanque de almacenamiento..... | 69 |
| Tabla 17 - Características de piezas de acople al motor..... | 70 |
| Tabla 18 Especificaciones de Arrestador de llama de línea de suministro de hidrógeno a motor Honda GX-120..... | 74 |
| Tabla 19 Matriz de confiabilidad del motor Honda GX-120 utilizando pieza de acople de 1 1/4..... | 74 |
| Tabla 20 Tiempo encendido del motor a distintas revoluciones..... | 75 |
| Tabla 21 Condiciones de operación del Motor Honda GX-120 a 2200 RPM y pieza de 1 1/4..... | 75 |
| Tabla 22 Cantidad de agua bombeada a distintas revoluciones del motor Honda GX-120, utilizando la bomba Honda WB20XT..... | 75 |
| Tabla 23 - Nivel educativo de los sujetos que conformaron la muestra..... | 76 |
| Tabla 24 Riesgos de cada módulo..... | 95 |
| Tabla 25 - Cambio de objetivos de los módulos..... | 99 |
| Tabla 26 - Sub - Actividades planificadas y realizadas..... | 102 |
| Tabla 27: Costos totales de materiales utilizados..... | 102 |
| Tabla 28: Costos de Recursos Humanos..... | 103 |
| Tabla 29: Costos totales de investigación..... | 104 |
| Tabla 30: Costos y porcentaje de representación de los materiales de la Unidad Megaproyecto..... | 105 |
| Tabla 31: Costos y porcentaje de representación de los materiales de la Unidad con gasolina..... | 110 |
| Tabla 32: Costos y porcentaje de representación de los materiales de las Mochilas Aguapac..... | 111 |
| Tabla 33 Resultados de Análisis de Factibilidad..... | 112 |
| Tabla 34 Pruebas 1 a 5 de arranque de motor con pieza 1 1/4..... | 142 |
| Tabla 35 Pruebas 6 a 11 de arranque de motor con pieza 1 1/4..... | 142 |
| Tabla 36 Especificaciones de las líneas de flujo..... | 143 |
| Tabla 37 Especificaciones de equipo del sistema..... | 143 |
| Tabla 38 Especificaciones de las válvulas utilizadas..... | 144 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 39 Especificaciones de equipo de medición..... | 144 |
| Tabla 40 Flujos máxicos de hidrógeno a distintos diámetros..... | 145 |
| Tabla 41 Flujos máxicos de aire y relaciones aire combustible a distintos diámetros..... | 146 |
| Tabla 42: Actividades de la estudiante de Ingeniería Química, Mayling Zamora..... | 152 |
| Tabla 43: Actividades no planificadas de la estudiante de Ingeniería Química M,ayling Zamora..... | 155 |
| Tabla 44: Actividades del estudiante de Ingeniería Química, José González..... | 156 |
| Tabla 45: Actividades no planificadas del estudiante de Ingeniería Química, José González..... | 159 |
| Tabla 46: Actividades del estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez..... | 160 |
| Tabla 47: Actividades no planificadas del estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez..... | 162 |
| Tabla 48: Actividades de las estudiantes de Psicopedagogía, Rocío Monterroso y Maholy Ruíz..... | 164 |
| Tabla 49: Actividades no planificadas de las estudiantes de Psicopedaagogía, Rocío Monterroso y Maholy Ruíz..... | 166 |
| Tabla 50: Actividades del estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración, Diego Arriaza..... | 167 |
| Tabla 51: Actividades no planificadas del estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración, Diego Arriaza..... | 169 |
| Tabla 52: Costos de los materiales utilizados por la estudiante de Ingeniería Química, Mayling Zamora..... | 171 |
| Tabla 53: Costos de los materiales utilizados por el estudiante de Ingeniería Química, José González..... | 172 |
| Tabla 54: Costos de los materiales utilizados por el estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez..... | 174 |
| Tabla 55: Costos de la Unidad Megaproyecto..... | 187 |
| Tabla 56: Distribución de turnos de mujeres pendientes..... | 194 |
| Tabla 57: Costos de la Unidad con gasolina..... | 196 |
| Tabla 58: Costos de las Mochilas Aguapac..... | 199 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 Sistema de inyección central (carburado) | 13 |
| Figura 2 Configuración de hidrógeno aire a contracorriente | 14 |
| Figura 3 Comportamiento vectorial para mezcla aire-hidrógeno en configuración de hidrógeno-aire a contracorriente | 14 |
| Figura 4 Ciclo de vida de un proyecto | 28 |
| Figura 5 Costos y riesgos de un proyecto en función al tiempo | 29 |
| Figura 6 Relación final - inicio | 30 |
| Figura 7 Relación final - final | 30 |
| Figura 8 Relación inicio - inicio | 31 |
| Figura 9 Tablas de complemento de diagrama de flujo..... | 32 |
| Figura 10 Comparación múltiple de la producción de hidrógeno en la celda electrolítica a diferentes voltajes aplicados | 36 |
| Figura 11 Sistema de HHO | 37 |
| Figura 12 Sistema utilizado en Fase I para obtención de resultados experimentales | 38 |
| Figura 13 Sistema utilizado para motor Datsu LT 200 | 41 |
| Figura 14 Balance de masa para la celda electrolítica trabajada en laboratorio..... | 65 |
| Figura 15 Diseño de la celda electrolítica propuesta (vista de planta)..... | 66 |
| Figura 16 Diseño de la celda electrolítica propuesta (vista frontal)..... | 67 |
| Figura 17 Diseño de la celda electrolítica propuesta (vista isométrica)..... | 68 |
| Figura 18 Esquema del sistema de llenado de tanque de hidrógeno y suministro del mismo al motor Honda GX-120 | 69 |
| Figura 19 Vistas de la pieza de acople al motor Honda GX-120..... | 70 |
| Figura 20 Modelo 3D pieza de acople a motor Honda GX-120..... | 71 |
| Figura 21 Pieza de acople de 1 1/4 de diámetro, acoplada al motor | 72 |
| Figura 22 Arrestador de llama para línea de suministro de hidrógeno a motor Honda GX-120..... | 73 |
| Figura 23 Imágenes del manual realizado (parte 1) | 86 |
| Figura 24 Imágenes del manual realizado (parte 2) | 86 |
| Figura 25 Imágenes del manual realizado (parte 3) | 87 |
| Figura 26 Imágenes del manual realizado (parte 4) | 87 |
| Figura 27 Imágenes del manual realizado (parte 5) | 88 |
| Figura 28 Imágenes del manual realizado (parte 6) | 88 |
| Figura 29 Imágenes del manual realizado (parte 7) | 88 |
| Figura 30 Imágenes del manual realizado (parte 8) | 89 |
| Figura 31 Imágenes del manual realizado (parte 9) | 89 |
| Figura 32 Cronograma de la estudiante de Ingeniería Química, Mayling Zamora..... | 96 |
| Figura 33 Cronograma del estudiante de Ingeniería Química, José González..... | 96 |
| Figura 34 Primer cronograma del estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez | 97 |
| Figura 35 Segundo cronograma del estudiante de Ingeniería Mecánica | 97 |
| Figura 36 Cronograma de las estudiantes de Psicopedagogía, Rocío Monterroso y Maholy Ruíz | 98 |
| Figura 37 Cronograma del estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración, Diego Arriaza | 98 |
| Figura 38 Inicio de Megaproyecto..... | 147 |
| Figura 39 Planificación de Megaproyecto..... | 148 |
| Figura 40 Ejecución de Megaproyecto | 149 |
| Figura 41 Monitoreo y control de Megaproyecto | 150 |
| Figura 42 Cierre de Megaproyecto | 151 |
| Figura 43 Cronograma de Microsoft Project..... | 175 |
| Figura 44 Funcionamiento de la unidad..... | 182 |
| Figura 45 Realización del grupo focal..... | 210 |
| Figura 46 Mujeres de la comunidad y grupo de Megaproyecto | 210 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| Figura 47 Pozo más lejano | 211 |
| Figura 48 Pozo más cercano | 212 |

RESUMEN

Como uno de los modelos de trabajo de graduación que existen en la Universidad del Valle de Guatemala está el Megaproyecto, en esta modalidad participan estudiantes de último año de distintas carreras que conforman un grupo de investigación para desarrollar proyectos ambiciosos.

Este Megaproyecto se realizó con la facultad de Ingeniería del departamento de Química, se titula *Diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrólisis de la orina humana fase II* el cual se basa en la elaboración de una unidad que sea capaz de llevar agua a una comunidad; ya que los métodos convencionales de generación de energía han demostrado ser eficientes pero dañinos para el medio ambiente, se seleccionó la alternativa de generación a partir de la combustión de hidrógeno, el cual se puede generar a partir de una electrólisis de la urea contenida en la orina.

Para poder llevar a cabo el megaproyecto se necesitó del apoyo de varios estudiantes, por lo que a continuación se detalla cada una de las áreas:

En el área de Ingeniería Química se trabajó en proponer el diseño de una celda electrolítica que opere con orina humana que logre producir hidrógeno requerido para su combustión en el motor. Entre los principales resultados se puede identificar que era necesario aumentar la producción del flujo de hidrógeno, utilizando un electrolito alternativo al KOH reduciendo su impacto en el ambiente y humano, por lo que se estableció NaCl como nuevo electrolito, requiriendo 40 unidades de la celda propuesta para abastecer el motor de combustión durante 2 minutos. Para futuras experimentaciones se recomienda realizar más pruebas de la relación entre el flujo de hidrógeno producido y la energía requerida para realizar el proceso de electrólisis ya con el prototipo propuesto.

Para el diseño del sistema se calculó una serie de flujos de entrada de aire e hidrógeno utilizando distintos diámetros de tubería disponible en el mercado, lo cual permitió obtener dos diámetros de entrada de aire adecuados para tener relaciones aire-hidrógeno cercanas a la estequiométrica. Tomando como base estos diámetros, se procedió a realizar un diseño para el acople de entrada de la mezcla a la cámara de combustión del motor. Este acople se hizo con el fin de sustituir al carburador, ya que este no es apto para las demandas de hidrógeno del motor.

Se determinó que la confiabilidad del motor Honda GX-120, utilizando el sistema distribuidor de hidrógeno elaborado en este estudio y tomando en consideración los intentos de arranque, revoluciones por minuto a las que trabaja y tiempo encendido, dan lugar a una confiabilidad aproximada de 81% el cual es aceptable para continuar con el diseño de la unidad y un análisis

de eficiencia del sistema. Esta confiabilidad se obtuvo con una pieza de acople de 1 ¼ de diámetro de entrada de aire, elaborada en un torno. Además, esta trabaja con una relación aire-hidrógeno de aproximadamente 32 kg/kg trabajando a una presión de hidrógeno baja, la cual se aproxima a 4 psi.

El área Psicopedagógica consistió en la elaboración de una Línea Base con los posibles candidatos al manejo de la unidad en la Comunidad de Panimaché V, se aplicaron cuatro test de la prueba de Aptitudes Diferenciales que fueron: Relaciones Espaciales, Velocidad y Exactitud, Razonamiento Mecánico y Razonamiento Abstracto, posteriormente se analizaron los resultados y se estableció el nivel educativo que tenían las personas de la comunidad.

Los resultados globales obtenidos en las pruebas por los posibles candidatos al manejo de la unidad son: en la prueba de Razonamiento Mecánico obtuvieron un 12% en Relaciones Espaciales un 1.3% en Razonamiento Abstracto un 2.3% y en Velocidad y Exactitud un 19%.

Como propuesta educativa, se elaboró un manual para darle continuidad a la próxima fase del Megaproyecto, en el cual se incluyeron aspectos útiles para el uso, el mantenimiento y las precauciones que se deben de tomar en cuenta, originalmente se pensó en un manual para ayudar a la comunidad de Panimaché V, pero debido a que no se cuenta con la unidad fabricada en su totalidad, el manual se elaboró con indicaciones generales del uso de la unidad; sin embargo, este manual deberá complementarse en un futuro en la fase final del megaproyecto

El área de Ingeniería en Administración de Empresas se realizó un control administrativo de los recursos humanos, materiales y financieros. Se utilizaron cronogramas, se llevaron a cabo reuniones semanales, se llevó un listado de los costos de los materiales utilizados y se le proporcionó un valor monetario a las horas trabajadas por cada uno de los integrantes.

En cuanto instalación de la unidad, se realizó un análisis de costo-eficacia comparándola con otras alternativas y así evaluar en qué punto se encuentra la competitividad de unidad en la actualidad. Las actividades planificadas se cumplieron entre un rango de entre 66% y 73%, a excepción de un estudiante, quien obtuvo 19.05%. El costo de investigación estimado fue de Q70,793.14 y la inversión inicial estimada para llevar a cabo la realización de la unidad es de aproximadamente Q41,500.00. El análisis costo-eficacia dio como resultado que la Unidad con gasolina es la mejor alternativa en la actualidad, pero en el futuro se espera que la Unidad de Megaproyecto pueda ser una alternativa competitiva.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, se están buscando formas de energías renovables, ya que el uso del combustible genera contaminación al medio ambiente y el recurso como tal, se está agotando. Hay varias formas de energía renovable hoy en día, entre las cuales se pueden mencionar energía solar, hidráulica, eólica, geotérmica, etc. Este Megaproyecto, no obstante, busca crear una nueva alternativa de energía verde mediante el hidrógeno extraído de la orina humana por medio de electrolisis. Este gas se traslada luego a un motor de combustión de interna, el cual luego puede hacer funcionar un generador de energía o una bomba de agua.

La fase II de este Megaproyecto busca hacer funcionar una bomba que pueda proveer agua a una comunidad con problemas de abastecimiento de este recurso llamada Panimache V. La comunidad cuenta con dos pozos. Uno se encuentra en la zona media y se encuentra muy cerca de la escuela. Este no tiene gran abasto, ya que al que encontrarse en una zona un poco alta, el agua deja de fluir después de las diez de la mañana. Esto obliga a los comunitarios a ir al otro pozo, el cual se encuentra en la zona baja y para llegar a él hay que recorrer un camino enrevesado de 180 metros aproximadamente. Este, sin embargo, posee más abasto, pues el agua deja de fluir hasta las seis de la tarde. Las mujeres, con ayuda de sus niños, son los encargados de recolectar el agua para sus familias. Esta actividad la realizan diariamente y les toma alrededor de dos horas llevarla a cabo. Esta tarea como tal, es agotadora y representa un obstáculo para el desarrollo productivo de la comunidad, pues las mujeres dejan de realizar sus actividades domésticas y los niños pierden tiempo que podrían utilizarlo para su estudio.

Esta segunda fase del Megaproyecto se divide en las siguientes áreas: La elaboración de la celda electrolítica, el correcto funcionamiento del motor utilizando hidrógeno, el plan de educación de los miembros de la comunidad para conocer sus barreras culturales, su análisis de factibilidad y la gestión del proyecto. El grupo de Megaproyecto se conformó por dos estudiantes de Ingeniería Química, dos estudiantes de Psicopedagogía y un estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración. También estuvo presente un estudiante de Ingeniería Mecánica, quien al final, se desligó del Megaproyecto. Cada uno debía desarrollar un módulo particular. La estudiante de Ingeniería Química se enfocó en diseñar un prototipo de una celda electrolítica que operara con la orina humana utilizando un electrolito que sea de fácil acceso y sin ser tóxico, para la producción de hidrógeno. El otro estudiante de Ingeniería Química buscó asegurar la confiabilidad del motor Honda GX-120 en ralentí, el estudiante de Ingeniería Mecánica se encargó de diseñar y fabricar un freno Prony y un dinamómetro para medir la potencia del motor y las estudiantes de Psicopedagogía determinaron el nivel educativo de las personas y establecieron una propuesta psicopedagógica para que las personas de la comunidad sean capaces de utilizar la unidad

cuando sea instalada en el futuro. El estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración controló las actividades de cada uno de los integrantes y los costos, gestionó a los interesados y comparó otras soluciones a la problemática del agua contra la que propone este Megaproyecto, con el objetivo de medir en qué punto se encuentra la Unidad Megaproyecto con respecto a las demás.

II. OBJETIVOS

A. General

Generar un sistema capaz de bombear agua hacia una comunidad, por medio de un motor de combustión interna marca Honda GX120, monocilindro, estacionario, de cuatro tiempos que funciona con el ciclo de Otto, alimentado por hidrógeno. El cual será proveniente de una celda que aprovechará la orina de un baño de una escuela de la comunidad con el fin de dar comodidad a los pobladores para tener acceso al agua.

B. Específicos

1. Determinar la confiabilidad del funcionamiento del motor Honda GX-120, utilizando un cilindro de almacenamiento de 20 lb de propano a condiciones atmosféricas del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, como fuente de alimentación, evitando retrasos de llama y asegurando un flujo constante de hidrógeno.
2. Elaborar una línea que indiquen el nivel educativo de las personas de la comunidad y así poder comparar con el nivel que se requiere que tengan para el uso y manejo correcto de la unidad.
3. Diseñar una propuesta psicopedagógica que permita a los integrantes de la comunidad de Panimaché V conocer y utilizar la unidad que se implementará para que tengan un fácil acceso al agua.
4. Evaluar el impacto de la instalación de la unidad en la comunidad Panimaché V y gestionar costos, tiempos, recursos e interesados del Megaproyecto.

C. Subobjetivos

1. Proponer el diseño de una celda electrolítica prototipo que opere con orina humana que logre producir hidrógeno requerido para su combustión en el motor.
2. Realizar planos del diseño propuesto de la celda electrolítica.
3. Determinar experimentalmente los rangos de operación de un electrolito alternativo al hidróxido de potasio (KOH) que sea de fácil acceso y que no sea tóxico, para evitar problemas de contaminación de aguas, evitar daños a personas que utilicen esta unidad y permita el buen funcionamiento de la celda electrolítica.

4. Diseñar un sistema de almacenamiento de hidrógeno utilizando recursos disponibles en el mercado guatemalteco y de bajo costo para comunidades de escasos recursos para el suministro de combustible al motor.
5. Diseñar un distribuidor “manifold” prototipo para que mezcle el aire y el hidrógeno en las cantidades adecuadas para un funcionamiento confiable del motor Honda GX-120.
6. Diseñar un arrestador de llama utilizando un recipiente con agua para minimizar riesgos en las pruebas a realizar en el sistema de distribución de hidrógeno.
7. Evaluar la confiabilidad del motor por medio de una matriz ponderada con las mediciones de intentos, RPM y tiempo encendido para obtener un índice de confiabilidad del motor Honda GX-120 con las modificaciones realizadas.
8. Determinar los pasos y contenido que formará la línea base, de manera que se responda a lo esperado para la elaboración de la propuesta psicopedagógica.
9. Analizar los resultados obtenidos mediante la línea base para determinar el nivel con el que se espera puedan manejar sin dificultad la Unidad.
10. Diseñar y elaborar el documento final que contenga los resultados de la línea base, como una forma de diagnóstico previo a la implementación de la Unidad en esa comunidad.
11. Determinar los costos de la unidad de producción de hidrógeno a través del electrólisis de orina humana.
12. Analizar los resultados obtenidos de la línea base para determinar las necesidades de la población de Panimaché V y así determinar a quiénes estará enfocada la propuesta tomando en cuenta todos los factores relacionados.
13. Diseñar un manual que incluya pasos y precauciones que se deben de tomar en cuenta para el uso de la unidad.
14. Realizar el proceso de validación del Manual por Juicio de Expertos, para garantizar que se cumplen con los requisitos necesarios para su implementación futura.

15. Determinar los costos de la unidad de producción de hidrógeno a través de la electrólisis de orina humana.
16. Estudiar la factibilidad de la instalación de la unidad mediante un análisis Costo-Eficacia en la comunidad de Panimaché V.
17. Gestionar el inicio, planeación, ejecución, control y cierre del Megaproyecto *Diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrólisis de orina humana Fase II.*

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el consumo y producción de la energía es un tema que causa mucha controversia. Actualmente la demanda energética de Guatemala es equivalente a 64,000 KBEP (miles de barriles equivalentes de petróleo), de los cuales el 51% se sustenta a partir de hidroeléctricas, 17% de carbón, 17% de búnker, 13% de biomasa y 2% de geotérmicas. (MEM, 2010) Si bien es cierto, que 51% de la generación de energía es de un recurso considerado como renovable, su mala gestión puede llevarla a convertirse en un recurso escaso. Por esta razón es necesario implementar sistemas de generación de energía alternativos que apoyen al sustento de energía. La producción de energía a partir de la combustión de hidrógeno puede llegar a ser una alternativa la población ya que se podría recopilar su orina y con esta generar el hidrógeno necesario para el suministro de su demanda energética local.

Se habla mucho del “trilema energético” el cual tiene como propósito orientar a los países a tomar las mejores decisiones relacionadas al tema energético. Actualmente se busca un equilibrio entre la seguridad energética, igualdad energética y la sostenibilidad ambiental. La seguridad energética busca una gestión eficaz del suministro de la misma, la integridad de las infraestructuras energéticas y satisfacer la demanda actual y futura de la energía.

La igualdad energética busca un suministro energético equitativo a toda la población y por último, la sostenibilidad medioambiental busca la eficiencia en materia energética para que el suministro energético utilice fuentes renovables y poco dependientes al carbono (Consejo mundial de la Energía, 2010). Por esta razón se buscan fuentes de energía alternas y la producción de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno puede ser una alternativa. Además, esta tecnología podría emplearse en un futuro a la industria automotriz, lo cual generaría una disminución de dióxido de carbono a la atmósfera.

La unidad tiene como fin ayudar a comunidades de escasos recursos con relación a su acceso a energía. Se plantea realizar una prueba piloto con la comunidad de Panimaché, situada en el departamento de Quiché. Ayudaría al bombeo de agua a un tanque cercano a los pobladores ya que actualmente ellos deben de realizar un largo recorrido para obtener el agua. Conectada a un sistema de bombeo, la unidad puede incrementar la calidad de vida de los pobladores ya que el tiempo que invierten en la recolección de agua ahora lo pueden utilizar para enfocarse en la productividad de la comunidad, en cuanto a cosechas y los productos que manufacturan en la misma. Con la instalación de la unidad en el futuro, se podrá evaluar el funcionamiento en el campo de la misma y analizar los aspectos a mejorar.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Uso de hidrógeno como combustible

1. Características del Hidrógeno. El hidrógeno puede utilizarse como combustible debido a las propiedades del mismo. Entre estas propiedades están su alto rango de inflamabilidad, baja energía de ignición, temperatura alta de autoignición, alta velocidad de llama (en rangos estequiométricos), alta difusividad y baja densidad. La energía mínima de ignición de una mezcla de aire-hidrógeno a condiciones atmosféricas es de 0.017mJ a concentraciones de hidrogeno entre 22-26% ($\lambda = 1.2-1.5$). (Verhelst & Wallner, 2009)

Tabla 1. Propiedades de mezcla hidrógeno-aire, metano-aire e iso-octano-aire.

| Propiedad | H ₂ -Aire | CH ₄ -Aire | C8H18-Aire |
|---|----------------------|-----------------------|---------------|
| | $\lambda = 1$ | $\lambda = 4$ | $\lambda = 1$ |
| | $\phi = 1$ | $\phi = 0.25$ | $\phi = 1$ |
| Fracción de volumen del combustible (%) | 29.5 | 9.5 | 1.65 |
| Densidad de la mezcla (kg/m ³) | 0.85 | 1.068 | 1.229 |
| Viscosidad Cinemática (mm ² /s) | 21.6 | 17.4 | 15.2 |
| Temperatura de autoignición (K) | 858 | >858 | 690 |
| Temperatura adiabática de llama (K) | 2390 | 1061 | 2276 |
| Conductividad térmica (10 ⁻² W/mK) | 4.97 | 3.17 | 2.36 |
| Difusividad térmica (mm ² /s) | 42.1 | 26.8 | 18.3 |
| Tasa de calores específicos | 1.401 | 1.4 | 1.389 |
| Velocidad del sonido (m/s) | 408.6 | 364.3 | 334 |
| Tasa de aire-combustible (kg/kg) | 34.2 | 136.6 | 15.1 |
| Tasa molar antes/después de combustión | 0.83 | 0.95 | 1.07 |
| Velocidad laminar de quemado ~360K (cm/s) | 290 | 12 | 45 |
| Entalpía (kJ/kg) | 3758 | 959 | 3013 |
| Entalpía Volumétrica (kJ/m ³) | 3189 | 1024 | 3704 |

(Verhelst & Wallner, 2009)

a. Alto rango de inflamabilidad. El resultado del alto rango de inflamabilidad es una combustión a distintas relaciones de aire-combustible. Esto es una ventaja ya que el hidrógeno puede trabajar en una mezcla pobre, es decir, una mezcla con un exceso de aire, por lo que se obtienen ahorros en el combustible y una reacción de combustión más completa. Además, al trabajar con una mezcla pobre en hidrógeno se reducen contaminantes de nitrógeno (NOx). (College of the Desert, 2001)

b. Baja energía de ignición. La baja energía de ignición que posee el hidrógeno es a la vez una ventaja y una desventaja ya que al necesitar menor energía de ignición permite utilizar mezclas pobres en hidrógeno para realizar la combustión, sin embargo, la baja energía de ignición también significa que gases calientes o puntos calientes dentro del cilindro, o en el recorrido del mismo, pueden ser causantes de una ignición prematura del combustible. (College of the Desert, 2001)

c. Alta temperatura de autoignición. Una elevada temperatura de autoignición es un factor importante para determinar la proporción de compresión que puede utilizar el motor. Para determinar lo anterior se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

En donde:

V_1/V_2 = la proporción de compresión

T_1 = La temperatura inicial

T_2 = La temperatura final

γ = la relación entre los calores específicos

La proporción de compresión debe de ser alta debido a su relación con la eficiencia térmica del sistema. (College of the Desert, 2001)

d. Velocidad elevada de llama. Bajo condiciones estequiométricas el hidrógeno posee una velocidad elevada de llama lo que ocasiona que los motores que trabajan con hidrógeno, se acerquen más al ciclo ideal termodinámico. Este valor es casi de un orden más que la gasolina. (College of the Desert, 2001)

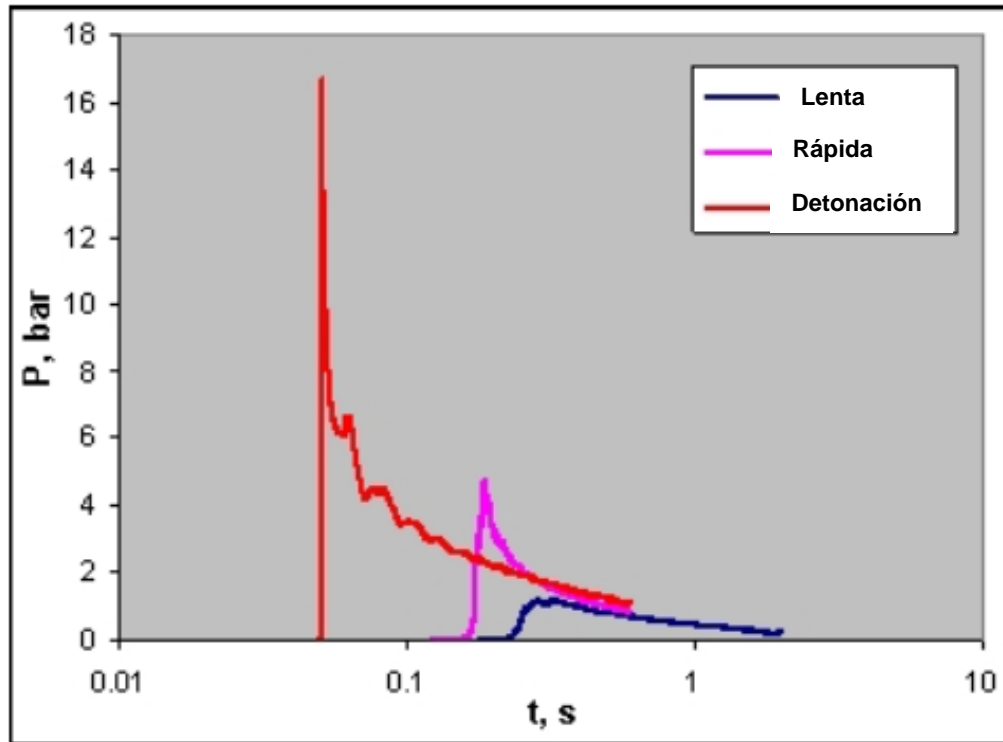
e. Alta difusividad. Una alta difusividad proporciona dos ventajas en particular. La primera es que se facilita la elaboración de una mezcla homogénea de aire y combustible. La segunda es que si llega a haber una fuga de hidrógeno, el hidrógeno se dispersa rápidamente. (Kosar, Ozdalyan, & Belik, 2011)

f. Baja densidad. La baja densidad del hidrógeno ocasiona dos problemas fundamentales. El primer problema se da dentro de la cámara de combustión ya que, al tener una baja densidad, el volumen que ocupa el hidrógeno es muy alto. Por otro lado, la densidad energética de una mezcla aire-hidrógeno se reduce. (Gutiérrez, 2005)

g. Ignición prematura. El problema principal en el desarrollo de motores funcionando a partir de hidrógeno como combustible es la ignición prematura. La ignición prematura sucede cuando hay una ignición previa a la ignición que sucede por la chispa, lo cual comúnmente se le conoce como backfire o retorno de llama. La causa de la ignición prematura es por puntos calientes dentro de la cámara de combustión. (College of the Desert, 2001)

2. Características de la llama. La llama que se genera por la explosión depende de una serie de parámetros como: temperatura, presión, composición de la mezcla, fuerza de la fuente de ignición, entre otras. La energía térmica irradiada por la llama corresponde al punto más alto en el Gráfico 1. La presión que se genera depende de las condiciones de combustión de hidrógeno. Al utilizar condiciones atmosféricas y debido a la humedad que se encuentra en el aire, se pueda dar una combustión rápida o lenta, lo cual generaría una presión de 150,000 a 600,000 Pa (1.5-6 bar). (Kuznetsov, 2005)

Gráfico 1 Presión de llama de hidrógeno generada a partir de distintos modos de combustión (rápido, lento o detonación)



(Kuznetsov, 2005)

B. Motor Honda GX-120

1. Especificaciones del motor. Este es un motor marca Honda modelo GX-120, el cual puede utilizarse como generador eléctrico, fuente de energía mecánica para una bomba, soldadores, entre otros usos industriales. En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos del motor. (Honda, GX 120 Horizontal Shaft Gasoline Engine)

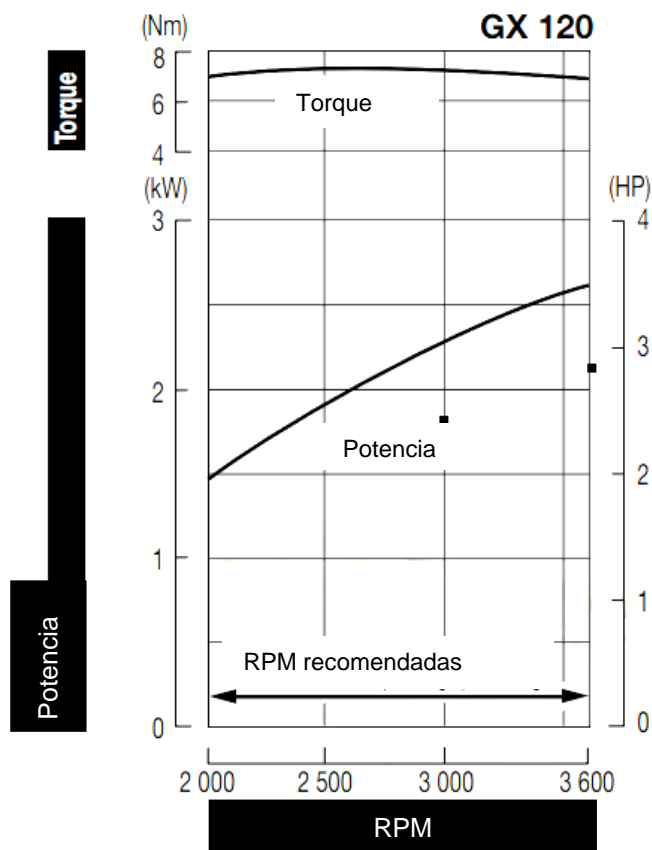
Tabla 2 Especificaciones del Motor GX-120

| Especificaciones | |
|--------------------------------------|---|
| Tipo de Motor | 4 tiempos, válvulas en cabeza, monocilíndrico |
| Calibre x Carrera | 60x42 mm |
| Desplazamiento | 118 cm ³ |
| Relación de Compresión | 8.5 : 1 |
| Potencia neta | 2.6 kW (3.5 HP) a 3,600 rpm |
| Torque Neto | 7.3 Nm a 2,500 rpm |
| Carburador | Tipo horizontal con válvula de mariposa |
| Sistema de Lubricación | Forced Splash |
| Capacidad de aceite | 0.6 l (0.63 US qt) |
| Capacidad del tanque de combustible | 2.0 L |
| Dimensiones (Largo x Ancho x Altura) | 305 x 341 x 318 mm |

(Honda, GX 120 Horizontal Shaft Gasoline Engine)

- a. Curva de potencia del motor.

Gráfico 2 Curva de potencia del motor Honda modelo GX-120

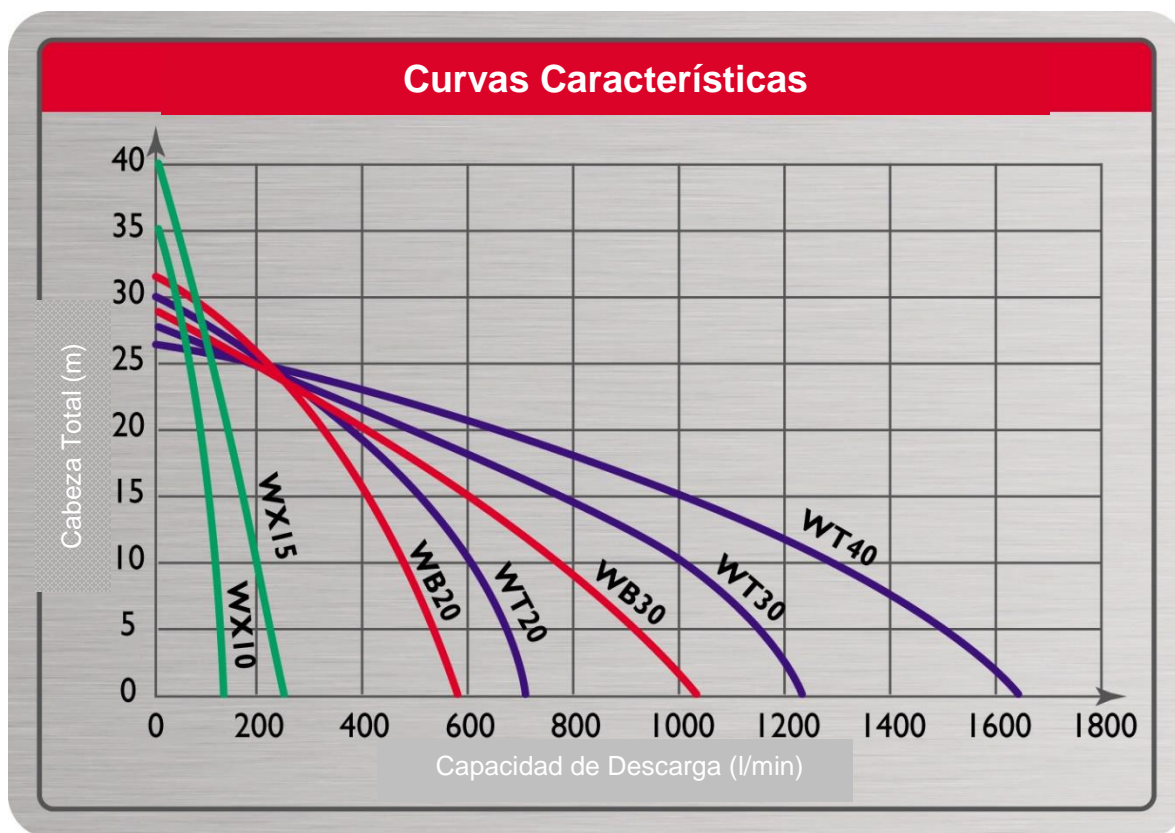


(Honda, GX 120 Horizontal Shaft Gasoline Engine)

La presión de admisión en motores de combustión interna puede variar según el fabricante y especificaciones del mismo. Sin embargo, estas presiones por normativa, no pueden ser menores a 57,570 Pa (17inHg) ni mayores a 67,730 Pa (20 inHg). Para los cálculos se puede utilizar el promedio de estas presiones para calcular los flujos máxicos de los fluidos a trabajar. (Carreras, y otros, 2006)

C. Curvas características de bomba WB20XT

Gráfico 3 Curvas Características de Bomba WB20XT



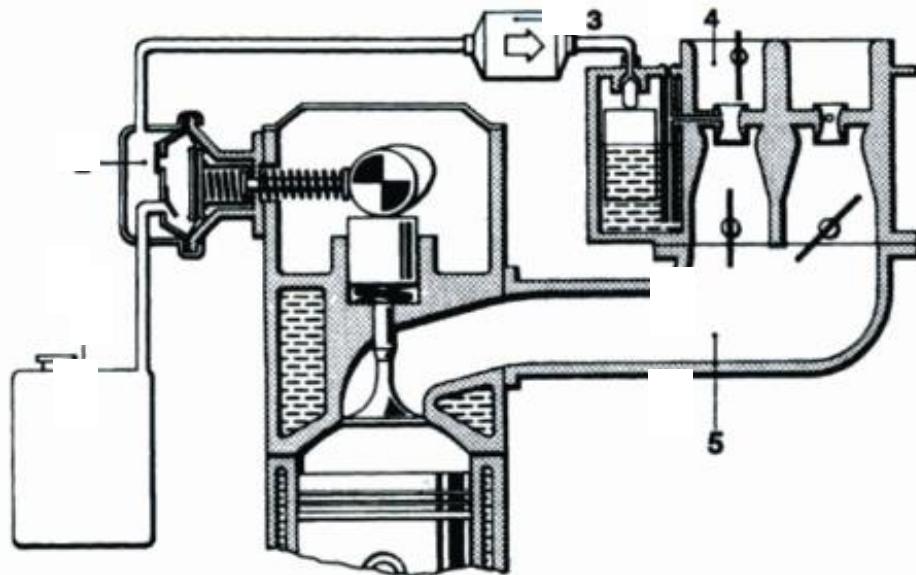
(Honda, Manual de Explicaciones Honda WB20XT)

La bomba ideal para el motor Honda GX-120 es la WB20XT, la cual puede manejar una cabeza máxima de 32 m. (Honda, Manual de Explicaciones Honda WB20XT)

D. Mezcla aire-hidrógeno

Los motores de gasolina utilizan distintos métodos de inyección de combustible, en el caso del motor Honda GX-120, se utiliza el método de inyección central (carburado). La cantidad de aire que succiona el motor se ve influenciada directamente por una válvula mariposa que se acciona en la aceleración. En función de la cantidad de aire entrante, el carburador dosifica la cantidad de combustible correspondiente. El flotador junto con la válvula de aguja, regulan la entrada de combustible en el carburador y se mantiene constante el nivel de combustible en el recipiente de la parte inferior. El carburador funciona por el principio de Bernoulli, con el paso del aire se reduce el diámetro, lo que genera una disminución en la presión. En ese punto hay un agujero, el cual permite el paso del combustible, y por la presión de vacío que se genera en ese punto, sale el combustible del recipiente y de esa manera es como se genera la mezcla aire-gasolina. (Bosh, 2005)

Figura 1 Sistema de inyección central (carburado)

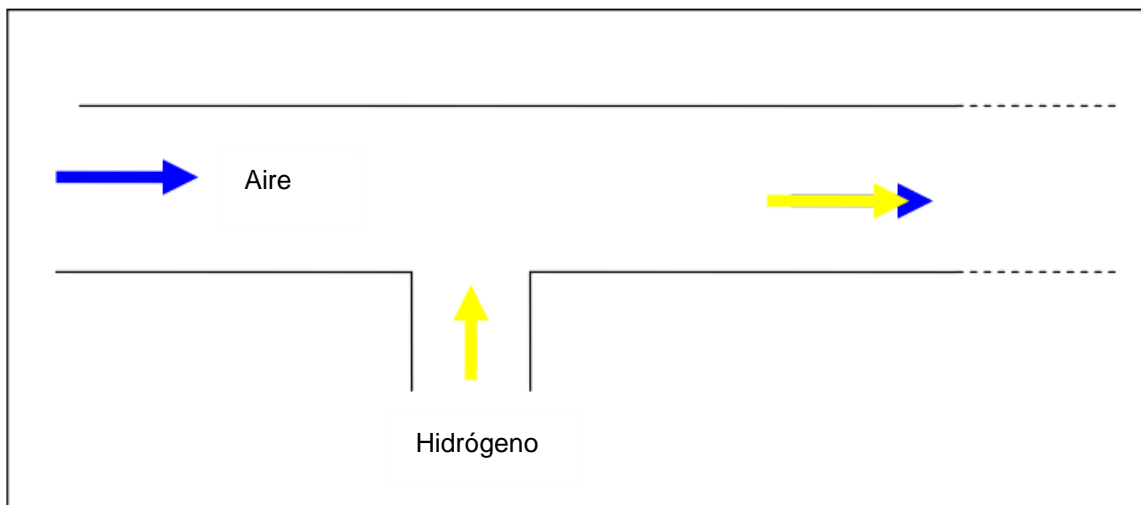


(Bosh, 2005)

En ocasiones, para el uso de hidrógeno como combustible, se utiliza un motor diésel. Este motor se utiliza simplemente para que el arranque se dé con combustible fósil y luego el motor ya se quede funcionando con hidrógeno. Estudios demuestran que la eficiencia en la combustión se puede incrementar y las emisiones se pueden disminuir durante este proceso de combustión. La Figura 2 muestra un sistema de aire hidrógeno a contracorriente, en el cual se puede realizar una mezcla. (Lilik, 2007)

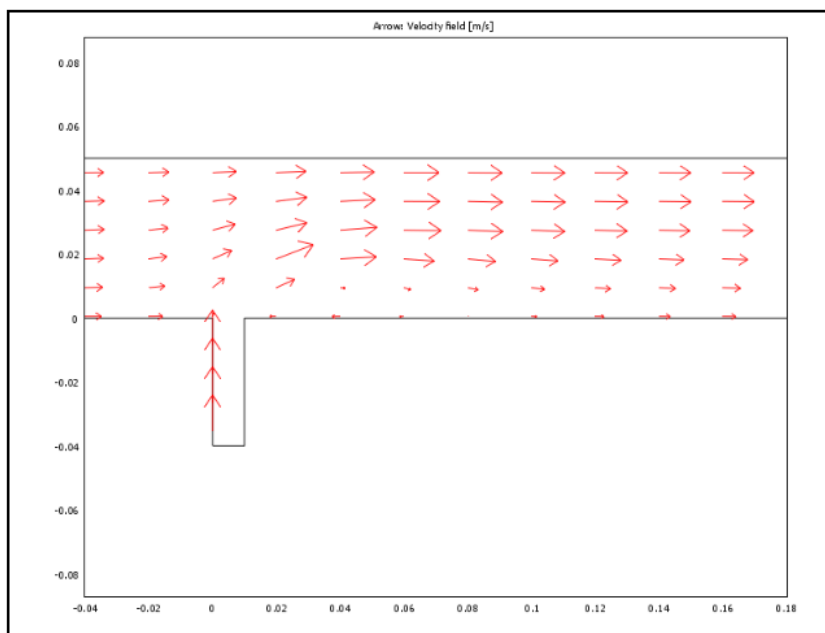
Este sistema esta modelado en dos dimensiones y el movimiento de aire, junto con el movimiento de hidrógeno se gobiernan por una ecuación de momento de flujo turbulento. Tal y como se observa en la Figura 3 el comportamiento de los gases, depende tanto como del diámetro, como de la presión a la que esté tanto el aire, como el hidrógeno. (Lilik, 2007)

Figura 2 Configuración de hidrógeno aire a contracorriente



(Lilik, 2007)

Figura 3 Comportamiento vectorial para mezcla aire-hidrógeno en configuración de hidrógeno-aire a contracorriente



(Lilik, 2007)

Para el cálculo de cualquier variable dentro del sistema planteado, es necesario utilizar la ecuación de momento, sin embargo, existe una simplificación para gases ideales, la cual viene de una simplificación de la ecuación de Weymouth:

Ecuación 1

$$\frac{PM}{2RTm} (P1^2 - P2^2) = \left(\frac{100G}{A} \right)^2$$

(Happel & Jordan, 1981)

Donde:

PM = peso molecular (kg/kmol)

R = la constante de los gases ideales (8,314.47 m³Pa/kmol K)

Tm = Temperatura de operación media

P1 = Presión a la que se encuentra el gas (Pa)

P2 = Presión a la que terminará el gas (Presión de succión del motor ~62,648.27 Pa)

G = flujo másico del gas (kg/s)

A = área de flujo (m²)

E. Confiabilidad

La confiabilidad se mide con la consistencia de los resultados, se busca que los resultados de una prueba concuerden con los resultados de la misma prueba en otro momento. Si se determina la confiabilidad, se asume que la prueba mide una característica relativamente estable, aunque se debe aclarar que confiabilidad no es lo mismo que estabilidad. Si existe una falta de confiabilidad, el resultado son errores de medición o errores de las pruebas realizadas. La puntuación de la confiabilidad se define como el promedio de las puntuaciones que obtendría si presentara la prueba infinitas veces. Lógicamente no se pueden realizar experimentaciones infinitas veces, por eso se elige una cantidad en base al criterio del experimentador. (Aiken, 2003)

F. Retraso de llama

El retraso de llama sucede cuando una mezcla de aire-combustible combustiona antes de que se dé la chispa. En el caso del hidrógeno, puede ocurrir si hay puntos calientes dentro del sistema. El retraso de llama o backfire resulta en un motor ineficiente e inestable. (College of the Desert, 2001)

G. Línea base:

1. Definición. Es la medición de todos los indicadores contemplados en el diseño de un proyecto de desarrollo social que permite conocer el valor de los indicadores al momento de establecer acciones, da No de donde se puede partir. Los datos de la línea base deben proporcionar la información básica y necesaria para poder contar con los datos importantes que permitan evaluar la calidad del proyecto de implementación y medir los resultados de desarrollo. Al momento de implementar una línea base las personas que la estén realizando deben tomar en cuenta tanto el cambio que necesita ser evaluado como qué tipo de comparación o comparaciones deberán ser realizadas como parte de la evaluación de cambio que se realice posteriormente.

La Línea Base nace con el fin de ser un método de evaluación de proyectos sociales, en donde se pretende conocer información concreta de la situación o la población con la que se va a trabajar y poder establecer el punto de partida del proyecto o intervención. Tiene un carácter eminentemente cuantitativo que se refiere a que los datos son mostrados de forma numérica como por ejemplo en porcentaje, en su realización se puede apoyar de métodos cualitativos con el fin de optimizar la calidad de los hallazgos. Entre otros métodos que son utilizados están: trabajo de campo, estudio de casos, encuestas, entrevistas, grupos focales. (Endvawnnow, 2008)

El trabajo de campo es un método experimental, de pruebas de hipótesis, de alimentación de modelos teóricos o de simple obtención de datos específicos para responder preguntas concretas. Se caracteriza por qué actúa en el lugar donde se dan los hechos de investigación.

El estudio de caso es un instrumento o método de investigación con origen en la investigación médica y psicológica, ha sido utilizado en la sociología y como un método de evaluación cualitativa.

La encuesta permite identificar objetiva y rápidamente el valor de los indicadores, es un método muy efectivo si las preguntas son efectuadas correctamente

La entrevista permite una aproximación más amplia al tema evaluado, proporcionando tanto información cuantitativa como cualitativa.

Los grupos focales permiten conocer la opinión y valores colectivos por lo que resultan un complemento ideal frente a cualquier otro método empleado. (Prieto, 2006)

Los estudios de línea de base implican un tipo de investigación dirigida a obtener los referentes básicos de la “evaluabilidad” del proyecto y contribuir así a una mejor toma de decisiones. Su fin es cuantificar la distribución de ciertas variables en la población de estudio en un punto en el tiempo. Involucra la sistemática recolección y presentación de datos para dar una descripción clara de una situación partícula. (Uquillas, 2016)

2. La línea de base debe enfocarse en:
 - a. Mostrar evidencias que caractericen a la población objetivo al inicio de la intervención.
 - b. Analizar la dinámica del contexto de manera especial y también aquellos factores externos que afectarían al logro de los resultados del proyecto para su posterior seguimiento.
 - c. Determinar la situación de partida de los indicadores de resultados e impacto del proyecto.

3. Los objetivos de una línea base son:
 - a. Brindar información agregada, oportuna y confiable, que permita la planificación e implementación de proyectos.
 - b. Contribuir con la consolidación de una cultura de uso y aprovechamiento de la información, mediante el manejo permanente de indicadores seleccionados y de análisis de eficiencia comparativa en el seguimiento y la evaluación de los programas y proyectos.

4. Las ventajas principales de tener un línea base de proyecto son:
 - a. Tener un punto de partida que permita conocer cuando saben las personas sobre el proyecto que se quiere implementar.

- b. Capacidad para evaluar desempeño
- c. Estimación exacta del futuro mejorado (Uquillas, 2016)

5. Etapas del proceso para la elaboración de una línea base, la metodología contempla la realización de siete pasos:

- a. Planeación.
- b. Estudio del marco normativo e indagación de necesidades de información en instancias de toma de decisiones.
- c. Diseño preliminar de la estructura y el contenido de la línea base.
- d. Análisis y verificación de la información.
- e. Selección de indicadores y documentación.
- f. Desarrollo de la herramienta informática
- g. Implementación y capacitación.

6. Función de una línea base. Proporcionar un punto de partida para que se puedan tomar como referencia para realizar acciones previamente planificadas. La línea de base es el punto de partida de la intervención y, por lo general, recoge datos tanto de carácter agregado como de tipo específico sobre la población objetivo. En este sentido, es la primera contribución hacia la precisión del diseño de la intervención y hacia las decisiones de procedimiento de la intervención. Es decir, la línea de base proveerá de información inicial relevante y significativa, capaz de ser utilizada de forma fiable como referencia comparativa en los procesos de seguimiento y evaluación permanente del proyecto. (Uquillas, 2016)

- a. Elementos que conforman una línea base.
 - 1) Marco teórico
 - 2) Información de la población con la que se trabajó
 - 3) Información de las pruebas aplicadas
 - 4) Resultado e interpretación de las pruebas aplicadas

Hay dos formas comunes de medir el cambio:

a. Con y sin actividad: se intenta simular el uso de un control experimental que sea capaz de comparar el cambio en el lugar donde se realizó el proyecto de implementación con un lugar similar donde no ha sido implementado.

b. Actividad antes y después: mide el cambio conforme va pasando el tiempo únicamente en el lugar donde se realizó el proyecto de implementación. (Endvawnow, 2008)

Una vez se detectaron los problemas en la comunidad de Panimaché V se realizó un análisis profundo de tal forma que se pudiera obtener la mayor cantidad de información posible sobre la escolaridad de los habitantes de la comunidad. Este primer análisis se denomina diagnóstico y es la actividad mediante la cual se interpreta de la manera más objetiva posible la realidad que se interesa transformar y a través de estos datos se pueden definir los problemas prioritarios, causas, efectos, las posibles áreas o focos de intervención y también las posibles soluciones que se le vayan a dar a dicho problema.

Para la elaboración de la línea base se trabajó con hombres que se encuentran en un rango de 20 a 52 años de edad, por lo que se investigó acerca de sus características de desarrollo físico, intelectual y cognitivo.

H. Adulthood temprana o emergente:

Comprende de los 20 a los 40 años, es un periodo de transición que se desarrolla entre la adolescencia y la adultez, las personas que se encuentran dentro de este rango de edad tienen la posibilidad de tomar decisiones independientes, tienen la oportunidad de ingresar al mundo laboral y generar cierta estabilidad.

Desarrollo físico: la mayoría de personas en esta edad gozan de buena salud, las relaciones sociales son fundamentales para la salud y el bienestar, esto se puede ver influido por la integración social y el apoyo social. La salud puede ser influida por los genes. Arnett (2006)

Desarrollo intelectual: se desarrolla el pensamiento reflexivo o razonamiento abstracto, también se da el pensamiento post formal que se apoya de las emociones, la intuición y la lógica. (Endvawnow, 2008)

I. Adultez media:

Comprende la etapa de los 40 y 65 años, es muy importante dentro del ciclo de vital ya que se considera de gran productividad, durante este periodo también se consigue la autorrealización. Durante esta etapa también se pueden presentar cambios negativos, pero en general se consigue estabilidad y tranquilidad el adulto tiene la capacidad de ser flexible para poder adaptarse a las diferentes exigencias de dicha etapa. (Papalia D, 2005)

Desarrollo físico: Durante esta etapa surgen varios cambios físicos, los hombres pueden sufrir de andropausia y las mujeres de menopausia, también se da el apareamiento de canas, calvicie disminución de fuerza muscular y de la velocidad de reacción.

Desarrollo cognitivo: se encuentran en su máximo rendimiento intelectual. El desarrollo cognitivo no es uniforme en la edad adulta media, esto implica pérdidas y ganancias en diferentes habilidades. (Papalia D, 2005)

J. Mediación pedagógica

Prieto (2006) menciona que la mediación pedagógica consiste en la tarea de acompañar y promover el aprendizaje, en donde se debe de tomar en cuenta a los alumnos, partiendo de las experiencias de vida y los procesos de aprendizaje de cada uno, además es necesario tomar en cuenta el tipo de familia del que proviene cada alumno, el lenguaje, el contexto dentro y fuera de la institución, para fomentar la cultura y realizar un cambio en la sociedad.

La mediación que debe hacer el profesor dentro del proceso de aprendizaje debe de ser de acuerdo a las necesidades de los alumnos, es por esto que la comunicación asertiva es de suma importancia para que ambos puedan conocerse y comprenderse. Al contar con estas dos herramientas la mediación será mucho más fácil ya que los alumnos podrán exponer sus presaberes y se podrá partir de la experiencia para ampliar los conocimientos.

No se debe improvisar respecto a la medicación pedagógica, no nace con uno ni aparece de manera espontánea; es un proceso de consolidación de formas de interacción, de producción de materiales y de acompañamiento de prácticas de aprendizaje que supone un propósito personal e institucional.

K. Andragogía

Según Natale (2003) el término de andragogía aparece en 1833, cuando el maestro alemán de educación básica Alexander Kapp lo utiliza para referirse a la interacción didáctica que se establece entre él y sus estudiantes en edad adulta en las escuelas nocturnas, con el fin de explicar la teoría educativa de Platón, en ese momento histórico el término no fue aceptado, por esa razón cae al olvido.

En 1921, nuevamente en Alemania, el sociólogo E. Rosentock usa de nuevo el término andragogía, pero como lo trata únicamente como método de enseñanza, su propuesta no tiene mucha aceptación. Va a ser hasta 1957, cuando F. Poggeler publique en Alemania, su trabajo titulado *Introduction into Andragogy: Basic Issues in Adult Education* que el término de andragogía, tendrá en Europa una amplia difusión y utilización en el campo de la educación de adultos ligada a la formación profesional.

Por último, podemos definir la andragogía como el conjunto de técnicas de enseñanza orientadas a educar personas adultas, en contraposición de la pedagogía, que es la enseñanza orientada a los niños. Actualmente se considera que la educación no es solo cuestión de niños y adolescentes que son también parte de educación permanente. El hecho educativo es un proceso que actúa sobre el humano a lo largo de toda su vida, porque su naturaleza permite que pueda continuar aprendiendo durante toda su vida sin importar su edad cronológica. (Adam, 1977)

L. Propuesta pedagógica

La propuesta pedagógica es el conjunto de definiciones sobre el proceso de aprendizaje en la Institución Educativa y los criterios comunes de acción pedagógica expresados en el currículo y en su desarrollo. Explica las intenciones educativas y sirve de guía para orientar el proceso de aprendizaje-enseñanza. Favorece determinado tipo de interacciones entre los diferentes actores y tiene como actor principal al estudiante. (Adam, 1977)

1. ¿Cómo se realiza una propuesta pedagógica? Según Adam (1977) La construcción de la propuesta pedagógica tiene los siguientes insumos:

- a. La identidad que comprende la visión de futuro, la misión institucional y los valores.
- b. El diagnóstico que permite identificar las fortalezas y debilidades (análisis interno) y las oportunidades y amenazas (análisis externo).

Del diagnóstico se deben tomar en cuenta el aspecto pedagógico, es decir, aquello que permite conocer las características, necesidades e interés de aprendizaje de los alumnos, las

expectativas de los docentes, el enfoque didáctico, los métodos de enseñanza, los materiales y otros. Todo esto facilitará la toma de decisiones para mejorar el servicio educativo.

2. Elementos que componen una propuesta pedagógica: Los elementos que conforman la propuesta pedagógica pueden variar (Adam, 1977) considera lo siguientes:

a. Concepciones de aprendizaje y enseñanza: Debe darse en relación con los avances de la teoría educacional y los aportes de la psicología cognitiva, que relieves la necesidad de comprender la estructura mental y sus procesos como factores esenciales en la organización del conocimiento que realiza el hombre en interacción con su entorno social y natural.

b. Principios educacionales:

1) Ética: que inspira una educación promotora de los valores de paz, solidaridad, justicia, libertad, honestidad, tolerancia, responsabilidad, trabajo, verdad y pleno respeto a las normas convivencia; que fortalece la conciencia moral individual y hace posible una sociedad basada en el ejercicio permanente de la responsabilidad ciudadana.

2) Equidad: que garantiza a todas iguales oportunidades de acceso, permanencia y trato en un sistema educativo de calidad.

3) Inclusión: que incorpora a las personas con discapacidad, grupos sociales excluidos, marginados y vulnerables, especialmente en el ámbito rural, sin distinción de etnia, religión, sexo y otra causa de discriminación, contribuyendo así a la eliminación de la pobreza, la exclusión y las desigualdades.

4) Calidad: que asegura condiciones adecuadas para una educación integral, pertinente, abierta, flexible y permanente.

5) Democracia: que promueve el respeto irrestricto a los derechos humanos, la libertad de conciencia, pensamiento y opinión, el ejercicio pleno de la ciudadanía y el reconocimiento de la voluntad personal, que contribuye a la tolerancia mutua en las relaciones entre las personas y entre la mayoría y la minoría, así como el fortalecimiento del estado de derecho.

6) Interculturalidad: que asume como riqueza la diversidad cultural, étnica y lingüística del país y encuentra en el reconocimiento y respeto a las diferencias, así como en el mutuo conocimiento y actitud de aprendizaje del otro sustento para la convivencia armónica y el intercambio entre las diversas culturas del mundo.

7) Conciencia ambiental: que motiva el respeto, cuidado y conservación del entorno natural como garantía para el desenvolvimiento de la vida.

8) Creatividad e innovación: que promueve la producción de nuevos conocimientos en todos los campos del saber, el arte y la cultura.

c. Principio de la construcción de los propios aprendizajes: El aprendizaje es un proceso de construcción interno, activo, individual e interactivo con el medio social y natural. Los alumnos para aprender, utilizan estructuras lógicas que dependen de variables como el contexto y los aprendizajes adquiridos anteriormente.

1) Principio de la necesidad del desarrollo del lenguaje y del acompañamiento en los aprendizajes: La interacción entre el alumno y el profesor y entre el alumno y sus pares se produce sobre todo a través del lenguaje. Verbalizar los pensamientos lleva a reorganizar las ideas y facilita el desarrollo. Esto obliga a propiciar interacciones en las aulas más motivantes y saludables. En este contexto, el profesor es quien crea situaciones de aprendizaje adecuadas para facilitar la construcción de los saberes, proponer actividades variadas y graduadas. Orienta y conduce las tareas, promueve la reflexión, ayuda a obtener conclusiones, etc.

2) Principio de la significación de los aprendizajes: El aprendizaje significativo es posible si el educando relaciona los nuevos conocimientos con los que ya posee el sujeto. En la medida que el aprendizaje sea significativo para los educandos, será posible el desarrollo de la motivación para aprender y la capacidad para construir nuevos aprendizajes.

3) Principio de la organización de los aprendizajes: Las relaciones que se establecen entre los diferentes conocimientos se amplían a través del tiempo y de la oportunidad de aplicarlos en la vida, lo que permite establecer nuevas relaciones entre otros conjuntos de conocimientos y, asimismo, desarrollar instrumentos diversos, como por ejemplo los mapas y redes conceptuales.

4) Principio de integridad de los aprendizajes: Los aprendizajes deben abarcar el desarrollo integral de los niños y las niñas y cubrir todas sus múltiples necesidades de aprendizaje. Esta multiplicidad es mayor o menor, más o menos variada, de acuerdo a las características individuales de cada persona. Por ello, se debe propiciar el aprendizaje de todas las áreas del currículo, respetando y promoviendo el desarrollo de las capacidades adquiridas en su vida cotidiana y promoviendo el aprendizaje de nuevas capacidades. En este contexto, es imprescindible el respeto de los ritmos individuales de los educandos en el logro de sus aprendizajes.

5) Perfiles ideales de los actores educativos: Pueden ser planteados como el conjunto de competencias personales que deben lograr los sujetos del acto educativo. Estas características deben guardar coherencia con la identidad del centro y correspondencia con las dimensiones del desarrollo integral de la persona.

6) Demandas sociales de la educación: Una característica esencial de la educación es su pertinencia, lo cual significa que debe ser adecuada a las características socioculturales del medio donde se desenvuelve y responder a las necesidades, proyectos y expectativas de la sociedad la que sirve.

d. Propósito de la propuesta pedagógica: Según Adam (1977) la propuesta pedagógica articula y otorga significado a todo el quehacer de la Institución Educativa. Además, se concreta la intencionalidad del Proyecto Educativo Institucional. Es necesario para poder dar un seguimiento al proyecto y una mejor comprensión por medio de los alumnos.

e. Validación de una propuesta pedagógica: La validación por juicio de expertos es un método útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Escobar & Cuervo, s.f.).

Tras someter un instrumento de cotejo a la consulta y al juicio de expertos éste ha de reunir dos criterios de calidad: validez y fiabilidad. La validez de contenido se establece con frecuencia a partir de dos situaciones, una que atañe al diseño de una prueba y, la otra, a la validación de un instrumento sometido a procedimientos de traducción y estandarización para adaptarlo a significados culturales diferentes. (Adam, 1977)

Es aquí donde la tarea del experto se convierte en una labor fundamental para eliminar aspectos irrelevantes, incorporar los que son imprescindibles y/o modificar aquellos que lo requieran.

Para Cabero & Llorente (2013), el juicio de expertos como estrategia de evaluación presenta una serie de ventajas entre las que destacan la posibilidad de obtener una amplia y pormenorizada información sobre el objeto de estudio y la calidad de las respuestas por parte de los jueces. Según los autores, si se tiene en cuenta que “el concepto de experto es bastante polisémico”, su correcta aplicación depende de los criterios de selección y del número adecuado de los mismos. En cuanto a los procedimientos de elección de los expertos, los autores indican una diversidad que incluye desde los que no implican ningún filtro de selección, como en los casos de afinidad o cercanía entre el experto y el investigador, hasta los que utilizan una serie de criterios estructurados.

Respecto al número de expertos necesarios, no hay un acuerdo unánime para su determinación. En (Cabero & Llorente, 2013), la selección del número de expertos depende de aspectos como la facilidad para acceder a ellos o la posibilidad de conocer expertos suficientes sobre la temática objeto de la investigación.

Debido a que la unidad aún no está terminada, no fue posible realizar una validación de campo, la cual consiste en que los pobladores, manipulen el material y luego lo califiquen, los expertos también pueden evaluar si el manual es utilizado correctamente.

M. ¿Qué es un manual?

Es una guía de instrucciones que sirve para el uso de un dispositivo, la corrección de problemas o el establecimiento de procedimientos de trabajo.

Los manuales son de enorme relevancia a la hora de transmitir información que sirva a las personas a desenvolverse en una situación determinada. En general, los manuales son frecuentes acompañando a un determinado producto que se ofrece al mercado, como una forma de soporte al cliente que lo adquiere. (Cabero & Llorente, 2013)

1. Pasos a considerar: Cabero & Llorente (2013), una guía para elaborar manuales es “un instrumento técnico-administrativo que norma la elaboración de los manuales de procedimientos con uniformidad de contenido para optimizar el cumplimiento de las atribuciones y el funcionamiento de las unidades administrativas”.

Para la elaboración del manual descrito, se tomarán en cuenta los siguientes pasos:

- a. Información general de la unidad
- b. Aspectos técnicos a considerarse

- c. Pasos a seguir
- d. Mantenimiento
- e. Precauciones

2. Elementos a incluir: Para Robles (2016) la propuesta educativa debe incluir aspectos de:

- a. Pertenencia: Los contenidos deben de estar ligados a los conceptos básicos de aprendizaje.
- b. Claridad: No deben de incluirse palabras ambiguas, para que el mensaje se comprendido por el lector y no se den diversas interpretaciones.
- c. Factibilidad: Relacionado a lo que el lector puede realizar de manera efectiva con los materiales proporcionados.

Dentro del Manual, se incluyen elementos para que los lectores puedan utilizar correctamente la unidad, además se incluyen aspectos de mantenimiento y precaución.

N. Gestión de proyectos

Un proyecto, acorde a la *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos* (Project Management Institute, 2013), es un esfuerzo temporal que se realiza para crear un producto, servicio o resultado único. Su naturaleza como tal implica que tenga un inicio y final ya definidos. Sin embargo, el final del proyecto se alcanza, aunque se hayan o no cumplido los objetivos.

La dirección de proyectos como tal es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas en las actividades del proyecto que se llevan a cabo. Para ello, se debe cumplir con una secuencia lógica de procesos que se agrupan de la siguiente manera:

1. Inicio. Es el proceso donde se define un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto que ya existe. Aquí se definen los objetivos iniciales, se identifican a los interesados internos y externos, se establece una fecha final para el proyecto y se define el propósito del proyecto o de la nueva fase. (Project Management Institute, 2013)

2. Planificación. Junto con el Inicio, son las fases más importantes de todo proyecto que se lleve a cabo. En este proceso se refinan los objetivos y se define un alcance para el proyecto. Es en esta fase donde se define la línea de acción requerida para cumplir con los objetivos. Esto implica analizar todos los aspectos del alcance tales como tiempos, costos, riesgos,

comunicaciones, recursos humanos, adquisiciones y participación de los interesados. Es importante destacar que en todo ciclo de vida de un proyecto se deben reconsiderar uno o más procesos de planificación, por lo que la planificación se considera una actividad continua en un proyecto. (Project Management Institute, 2013)

3. Ejecución. En esta fase se ejecuta el trabajo definido en el plan de acción para el proyecto. Esto conlleva la coordinación de las personas y recursos, gestionar las expectativas de los interesados e integrar las actividades del proyecto conforme al plan de acción. Tal como se mencionaba en la fase de Planificación, muchas veces se requiere una actualización de la planificación y una revisión de la línea base. Entre los cambios necesarios se puede mencionar la duración establecida para las actividades, cambios en la disponibilidad y productividad de los recursos y riesgos no previstos. (Project Management Institute, 2013)

4. Monitoreo y control. Esta fase se enfoca en el desempeño del proyecto e identifica las áreas en las que se requieran cambios. Mediante este proceso, es posible analizar el estado del proyecto, con el objetivo de identificar las áreas que requieren más atención. Entre las actividades que se llevan a cabo en esta fase se pueden mencionar las siguientes:

a. Controlar los cambios y recomendar acciones correctivas o preventivas.

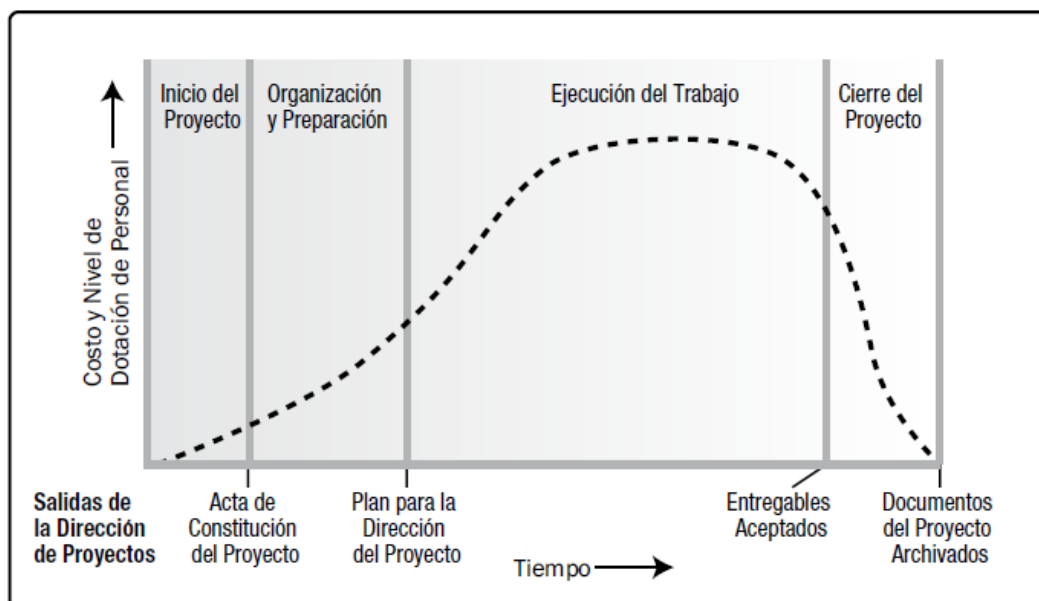
b. Monitorear las actividades y compararlas con el plan de acción del proyecto y con la línea base para la medición del desempeño del proyecto.

(Project Management Institute, 2013)

5. Cierre. Aquí se llevan a cabo todos los procesos realizados para finalizar todas las actividades de las demás fases descritas anteriormente. Este verifica que todos los procesos hayan sido completados para establecer formalmente que el proyecto o fase del mismo ha finalizado. (Project Management Institute, 2013)

En la siguiente figura se muestra cómo se desarrolla el ciclo de vida de un proyecto:

Figura 4 Ciclo de vida de un proyecto

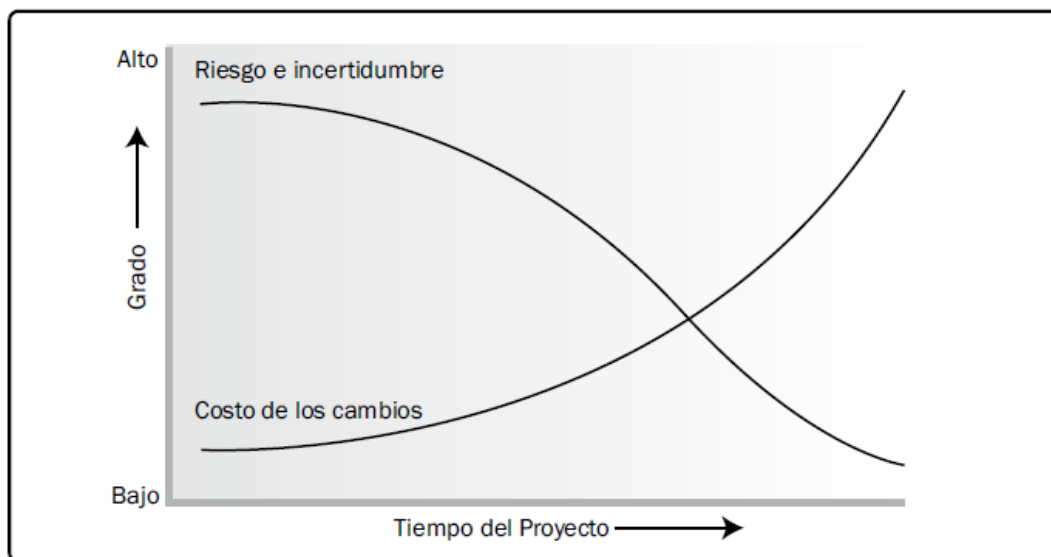


(Project Management Institute, 2013)

Los niveles de costo y asignación del personal son bajos al inicio del proyecto, pero conforme el proyecto se desarrolla los costos van en aumento. Sin embargo, lo mencionado anteriormente no es aplicable en todos los proyectos, ya que puede darse el caso que ya se tenga completo al personal y se incurra a gastos importantes al inicio para asegurar recursos que sean necesarios para el proyecto. Cabe mencionar que se debe influir en las características finales del proyecto al inicio del mismo, pues a medida que este avanza se torna más complicado realizar cambios y el costo de efectuarlos suele ser muy alto. En cuanto a los riesgos e incertidumbres se puede afirmar que son mayores al inicio, pero disminuyen con el desarrollo del proyecto, a medida que se toman decisiones y se entregan entregables. (Project Management Institute, 2013)

En la siguiente figura se expone lo mencionado anteriormente:

Figura 5 Costos y riesgos de un proyecto en función al tiempo



(Project Management Institute, 2013)

El rol de un director de proyectos se encarga de liderar al equipo del proyecto a alcanzar los objetivos y requisitos establecidos. Además, funge como analista de negocio, se encarga del aseguramiento de la calidad y analiza materias específicas. Un director debe poseer las siguientes características interpersonales:

1. Liderazgo y orientación.
2. Motivación y confianza.
3. Trabajo en equipo y comunicación.
4. Negociación y toma de decisiones.
5. Gestión de conflictos.

(Project Management Institute, 2013)

Un proyecto se puede dividir en las siguientes áreas:

1. Gestión de alcance: Verifica que todas las actividades necesarias del proyecto se cumplan y gestionar los cambios que puedan llevarse a cabo.
2. Gestión de recursos humanos: Se enfoca en la organización jerárquica de las personas involucradas en el proyecto, en la selección del equipo de trabajo, la asignación de tareas y supervisar que estas se cumplan.
3. Gestión de la comunicación: garantizar que la información del proyecto se genere, se recoja, se almacene, se disperse y se utilice de forma adecuada en volumen y tiempo.
4. Gestión de riesgos: Identifica, analiza y mide los riesgos y establece mecanismos

correctivos para los posibles efectos negativos.

5. Gestión de costos: Planifica recursos, estima costos, controla costos y gastos y verifica que estos no sobrepasen los límites económicos del proyecto.

6. Gestión de calidad: Se orienta a asegurar que el proyecto satisfaga los requisitos establecidos y se encarga de elaborar un plan de calidad, aplicarlo y darle seguimiento. (Otero, 2006)

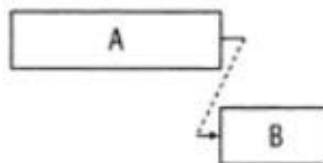
O. Herramientas de procesos

1. Diagrama de Gantt. El diagrama de Gantt es una representación gráfica de las actividades de un proyecto. En el eje vertical se extienden las tareas del proyecto con sus respectivos responsables y en el eje horizontal se representa el tiempo. Cada actividad se representa a través de un bloque rectangular, cuya longitud representa su duración. (Díaz, 2005)

Para alinear las actividades se puede realizar de varias formas:

a. Final – inicio. Alineación lógica donde una actividad sucesora no puede empezar hasta que haya terminado la actividad predecesora. (Project Management Institute, 2013)

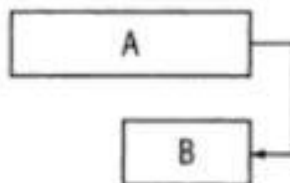
Figura 6 Relación final - inicio



(Díaz, 2005)

b. Final – final. Alineación lógica donde una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya terminado la actividad predecesora. (Project Management Institute, 2013)

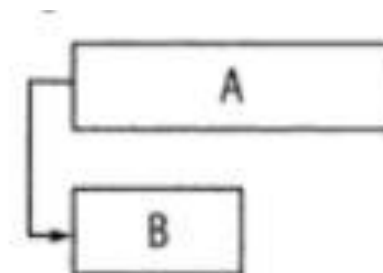
Figura 7 Relación final - final



(Díaz, 2005)

c. Inicio – inicio. Alineación lógica donde una actividad sucesora no puede empezar hasta que haya comenzado una actividad predecesora. (Project Management Institute, 2013)

Figura 8 Relación inicio - inicio



(Díaz, 2005)

2. Diagrama de Flujo. Esta herramienta es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, decisiones y otros sucesos que ocurren en un proceso. Para ello, se utilizan formas y símbolos gráficos, los cuales están estandarizados. Los símbolos mayormente utilizados son los siguientes: (Verdoy, 2006)

Tabla 3 - Simbología de diagrama de flujo

| Símbolo | Significado |
|---------|----------------|
| ○ | Operación |
| ➔ | Transporte |
| ▽ | Almacenamiento |
| D | Retraso |
| □ | Inspección |
| ◇ | Decisión |
| ◎ | Registro |

(Niebel & Freivalds, 2009)

Esta herramienta reduce los costos de un componente y muestra de forma clara todos los transportes, retrasos y almacenamientos, con el objetivo de reducir la cantidad y duración de estos elementos. (Niebel & Freivalds, 2009)

Para resumir mejor la información y realizar recomendaciones se pueden realizar las siguientes tablas:

Figura 9 Tablas de complemento de diagrama de flujo

| Ubicación: Dorben Ad Agency | | Resumen | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Actividad: Preparación de anuncios por correo directo | | Evento | Presente | Propuesto | Ahorros | | |
| Fecha 1-26-98 | | Operación | 4 | | | | |
| Operador: J.S. | Analista: A. E. | Transporte | 4 | | | | |
| Encierre en un círculo el método y tipo apropiados | | Retrasos | 4 | | | | |
| Método: <u>Presente</u> Propuesto | | Inspección | 0 | | | | |
| Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina | | Almacenamiento | 2 | | | | |
| Comentarios: | | Tiempo (min) | | | | | |
| | | Distancia (pies) | 340 | | | | |
| | | Costo | | | | | |
| | | | | | | | |
| Descripción de los eventos | Símbolo | | | | Tiempo (en minutos) | Distancia (en pies) | Recomendaciones al método |
| Cuarto con la existencia de materiales | ○ | ◇ | D | □ | | | |
| Hacia el cuarto de recopilación | ○ | ● | D | ▽ | | 100 | |
| Ordenar los estantes por tipo | ○ | ◇ | ● | ▽ | | | |
| Ordenar cuatro hojas | ● | ◇ | D | ▽ | | | |
| Apilar | ○ | ◇ | ● | ▽ | | | |
| Hacia el cuarto de doblado | ○ | ● | D | ▽ | | 20 | |
| Empujar, doblar, rayar | ● | ◇ | D | ▽ | | | |
| Apilar | ○ | ◇ | ● | ▽ | | | |
| Colocar la engrapadora | ○ | ● | D | ▽ | | 20 | |
| Poner la grapa | ● | ◇ | D | ▽ | | | |
| Apilar | ○ | ◇ | ● | ▽ | | | |
| Hacia el cuarto del correo | ○ | ● | D | ▽ | | 200 | |
| Colocar la dirección | ● | ◇ | D | ▽ | | | |
| A la bolsa del correo | ○ | ◇ | D | ▽ | | | |
| | ○ | ◇ | D | ▽ | | | |
| | ○ | ◇ | D | ▽ | | | |
| | ○ | ◇ | D | ▽ | | | |
| | ○ | ◇ | D | ▽ | | | |
| | ○ | ◇ | D | ▽ | | | |
| | ○ | ◇ | D | ▽ | | | |

(Niebel & Freivalds, 2009)

P. Costos de investigación

Las actividades de Investigación y Desarrollo como tal se enfocan en la exploración y experimentación científica y tecnológica para crear y descubrir nuevos productos, servicios y procesos. Para ser más específicos, se busca materializar las investigaciones realizadas en formulaciones conceptuales, diseños de productos, nuevas fórmulas para obtenerlos, modelos o prototipos pilotos, nuevas metodologías o técnicas de elaboración de productos y servicios, etc. En su esencia, son actividades con alto grado de creatividad, originalidad e innovación. Sin embargo, estas deben ser bien planificadas, organizadas y llevadas a cabo de forma sistemática, ya que no se pueden depender de la inspiración de los técnicos o especialistas del área. Esto se debe a que la investigación y desarrollo se lleva a cabo principalmente en organizaciones lucrativas donde se tienen metas y plazos para hacerlas cumplir. (Smoljic, 2012)

Se reconocen cinco categorías típicas de los costos de I+D:

1. Costos de personal: Sueldos y todo costo derivados del personal en relación de dependencia.
 2. Materiales y servicios consumidos: Insumos y servicios adquiridos a terceros para poder llevar a cabo las actividades pertinentes de la Investigación y Desarrollo.
 3. Depreciación de equipos y elementos: Desgaste de máquinas, equipos y dispositivos utilizados para la Investigación y Desarrollo.
 4. Costos de soporte: Erogaciones generales necesarias para el desenvolvimiento de estas funciones, incluyendo costos de edificios e instalaciones, tareas administrativas de servicio a esta función, etc.
 5. Otros costos: Amortizaciones de patentes y licencias, pagos de regalías, etc.
- (Smoljic, 2012)

Los costos como tal se deben clasificar en las siguientes formas para realizar un método de acumulación y costeo de programas y proyectos de forma adecuada:

1. Costos directos: Estos son los costos identificables y específicos para un proyecto, producto o programa en particular. La materia prima y la mano de obra directa son los principales elementos de un costo directo.

2. Costos indirectos: Están relacionados con el objeto de costo en particular, sin embargo, no pueden atribuírsele desde un punto de vista económico y no se identifican de manera simple con él. En otras palabras, es todo costo que no está directamente relacionado con el objeto en particular. (Horngren & Datar, 2012)

Los costos también se tienen que clasificar de la siguiente manera:

1. Fijos: Son los costos que permanecen inalterables dentro del tiempo. Aquí se pueden mencionar como ejemplos los salarios de los empleados o la renta del lugar de trabajo.

2. Variables: Estos varían de acuerdo a la producción. A mayor producción, habrá un aumento de los costos, pero cuando la producción disminuye, los costos variables se reducen. Como ejemplos de costos variables podemos mencionar la materia prima utilizada para la producción o la luz. (Horngren & Datar, 2012)

Q. Análisis de factibilidad

Un proyecto que se enfoca en prestar un servicio a una comunidad, no busca realmente generar ingresos, sino más bien procura el bienestar público. Este tipo de proyectos se desarrollan normalmente en las áreas de salud pública como hospitales y clínicas, recreación como por ejemplo, la construcción de parques, centros deportivos y de convenciones, transporte como por ejemplo autopistas, puentes, buses urbanos, servicios como electricidad, gas, alcantarillado y agua y cualquier otro tipo de servicio público. (Blank & Tarquin, 2006)

Para evaluar viabilidad de este tipo de proyectos existe un análisis financiero llamado "Costo-Beneficio". Este se compone de los siguientes elementos:

1. Costos: Representa todos los gastos para la creación o construcción del proyecto, gastos de operación y mantenimiento.

2. Beneficios: Son todas las ventajas que el público obtendrá del proyecto. Estas normalmente se ven reflejadas en mejoras de salud, educación y seguridad.

3. Contrabeneficios: Son desventajas que tendrán las personas al poner en marcha el proyecto. Pueden consistir en desventajas económicas indirectas. (Blank & Tarquin, 2006)

La fórmula para realizar el análisis financiero es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios} - \text{Contrabeneficios}}{\text{Costos}}$$

(Blank & Tarquin, 2006)

Para la tomar la decisión si el proyecto es rentable o no se toman estas consideraciones:

1. $\frac{B}{C} \geq 1.0$, *determina que el proyecto es viable.*
2. $\frac{B}{C} \leq 1.0$, *el proyecto no es económicamente aceptable.*

(Blank & Tarquin, 2006)

Hay una variación de esta fórmula y es de la siguiente manera:

$$\frac{B}{C} \text{ modificada} = \frac{\text{beneficios} - \text{contrabeneficios} - \text{Costos de O y M}}{\text{inversión inicial}}$$

(Blank & Tarquin, 2006)

Donde la variable “Costos de O y M” representa los costos de Operación y Mantenimiento.

En proyectos de esta índole, sin embargo, es difícil estimar y coincidir en el impacto de los beneficios y contrabeneficios. Incluso, reconocer los contrabeneficios resulta difícil, ya que puede ser que en el momento de realizar una evaluación, este aspecto se desconozca. Por lo tanto, para superar la imposibilidad de hacer la estimación económica de los beneficios, existe el análisis costo-eficacia, el cual se basa en la relación costo-eficacia (RCE) para clasificar los proyectos con el fin de elegir la mejor de las alternativas mutuamente excluyentes. El cociente RCE se define de la siguiente manera: (Blank & Tarquin, 2006)

$$RCE = \frac{\text{total de costos equivalentes}}{\text{total de la medición de eficacia}} = \frac{C}{E}$$

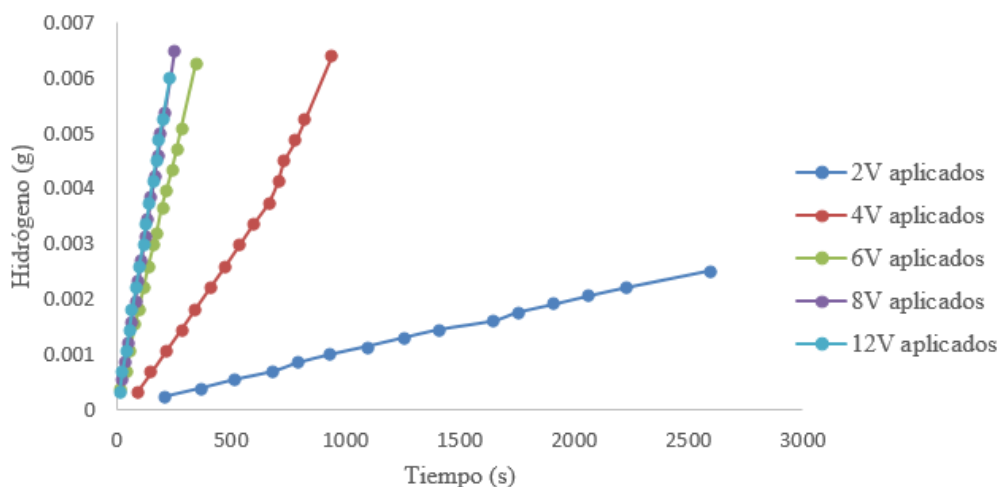
(Blank & Tarquin, 2006)

V. ANTECEDENTES

A. Módulo celda electrolítica fase I

En las pruebas realizadas en el módulo químico en la celda electrolítica, fase I, se estableció el material a trabajar con los electrodos según su la experimentación realizada con tres diferentes electrolitos que son níquel, hierro y cobre. Con base a los resultados obtenidos de la cantidad de flujo de hidrógeno producido para cada tipo de electrodo se determinó la utilización del níquel. Además, se realizaron pruebas para comparar dos electrolitos diferentes, que fueron el hidróxido de potasio (KOH) y el Hidróxido de sodio (NaOH) por lo cual se observó que se tenía un mayor flujo de hidrógeno utilizando el electrolito KOH. Los resultados obtenidos del flujo de hidrógeno a través del tiempo y según el electrodo se puede pueden observar a continuación. (Figuroa, 2016)

Figura 10 Comparación múltiple de la producción de hidrógeno en la celda electrolítica a diferentes voltajes aplicados



(Figuroa, 2016)

En esta gráfica se observó que a partir de los 6V la producción de hidrógeno no varía tanto en comparación con la energía extra que se necesita para el proceso de electrólisis de la orina humana.

B. HHO Plus Alternative Energies

Los experimentos se llevaron a cabo para evaluar la influencia de la adición de gas HHO (mezcla de hidrógeno + oxígeno obtenidos electrolíticamente de la descomposición del agua). La

investigación muestra que la adición suplementaria de hidrógeno puede mejorar la eficiencia de combustión, debido a las características de combustión superiores del hidrógeno en comparación con los combustibles convencionales. (HHO Plus)

Figura 11 Sistema de HHO



(HHO Plus)

El gas oxi-hidrógeno incorpora el hidrógeno como combustible y el oxígeno como comburente (oxidante); por lo tanto no necesita del aire exterior para producir la combustión. El hidrógeno generado se introduce al motor por la admisión aprovechando la aspiración o vacío que el motor produce, se combina con la gasolina o gasóleo dependiendo del tipo de motor; en las cámaras de combustión de cada cilindro, se queda conjuntamente con el combustible utilizado y el aire aspirado por el motor. Esta mezcla es más eficiente que la combustión del combustible primitivo, debido a esta eficiencia, se obtiene un rendimiento del motor más elevado, una gran reducción de las emisiones contaminantes y una refrigeración del motor adicional; debido a la presencia del vapor de agua (único residuo del hidrógeno), que es expulsado por la tubería de escape al exterior limpiando incluso el convertidos catalítico. (HHO Plus)

El generador de hidrógeno solo produce el gas que el motor necesita (gas demandado), no acumula este gas en depósitos a alta presión, consiguiendo niveles de seguridad muy altos. El generador de hidrógeno no modifica el motor o cualquier otra parte del carro, se trata de un sistema de accesorio y complementarios, debido a los materiales empleados se ha obtenido un generador de alta producción de hidrógeno y una gran durabilidad que puede ofrecerle un largo período de servicio con un mínimo mantenimiento llenado cada 700-900 Km y limpieza de la celda generadora una vez al año. (HHO Plus)

C. Módulo funcionamiento del motor fase I

En este estudio se plantearon variables a modificar del motor y se definieron los parámetros de operación para que el motor Honda GX-120 funcionara con hidrógeno como

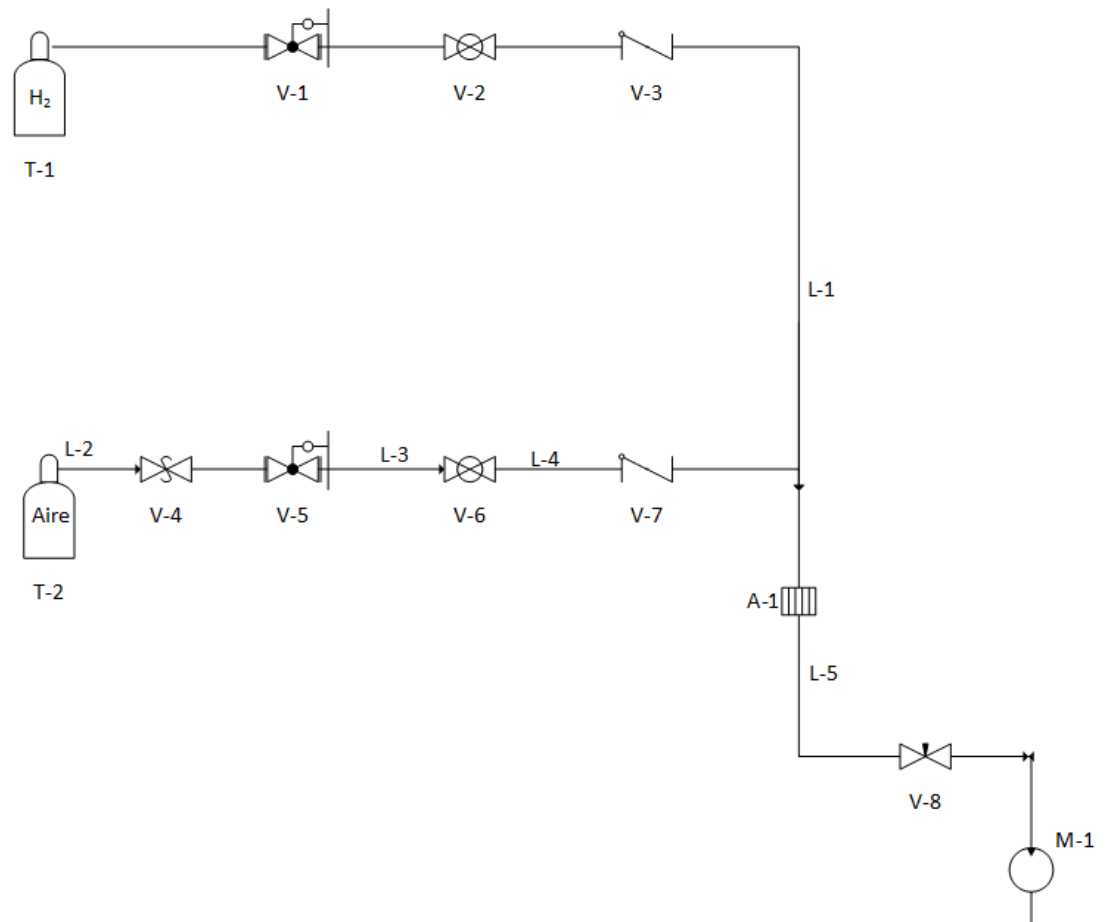
combustible. También se realizaron modificaciones al motor para su funcionamiento adecuado.

Las variables modificadas fueron las siguientes:

- Línea de admisión de combustible en estado gaseoso
- Línea de admisión de aire eliminando el filtro
- Relación aire-combustible
- Apertura válvula de acelerador en su máximo
- Apertura válvula de aire en su máximo

Los resultados de este estudio fueron los siguientes:

Figura 12 Sistema utilizado en Fase I para obtención de resultados experimentales



(Flores, 2015)

Tabla 4 Descripción del Sistema utilizado en Fase I para obtención de resultados experimentales

| Código | Descripción | Tamaño | Marca | Especificaciones |
|--------|--------------------|--------|---------------|-------------------------------------|
| L-1 | Línea de hidrógeno | 1/4" | BOSTON - FLEX | 7192250-300 X 300 psi |
| L-2 | Línea de aire 1 | 1/8" | S/M | S/E |
| L-3 | Línea de aire 2 | 1/4" | S/M | PVC Type 28/H27504 1D 2SP X 250 psi |
| L-4 | Línea de aire 3 | 1/4" | S/M | IC PVC NSF - 51 KTM 140909 |
| L-5 | Línea de mezcla | 3/8" | S/M | KTM130222 |

Tabla 5 Especificaciones de equipos del sistema de Fase I

| Código | Descripción | Marca | Especificaciones |
|--------|-----------------------------------|--------------------|--|
| T-1 | Tanque de almacenaje de hidrógeno | HIGHLAND | Metal Hydride Tank NO. MH300-1-SS-1113 |
| | Tanque principal de hidrógeno | Productos del aire | Hidrógeno UHP 5, 96.8 L a 2,000 psi |
| T-2 | Botella 2L | Coca Cola | S/E |
| A-1 | Arrestador de flama | WITT | F100-17N-ES 17 bar |
| M-1 | Motor de combustión interna | HONDA | GX-120 |

Tabla 6 Especificaciones de las válvulas utilizadas en el sistema de Fase I

| Código | Descripción | Tamaño | Marca | Material | Especificaciones |
|--------|-------------------------------|--------|-----------|------------------|------------------------------------|
| V-1 | Válvula reguladora de presión | 1/4" | HONGYE | Bronce | Entrada 0-230 psi, salida 0-23 psi |
| V-2 | Válvula de bola | 3/8" | SENA | Acero inoxidable | DN 10, PN 30 |
| V-3 | Válvula de cheque | 1/4" | TOYO | Bronce | 125-2, 200 WOG |
| V-4 | Válvula de alivio | 1/4" | TOOLCRAFT | Bronce | Rango de 0-100 psi |
| V-5 | Válvula reguladora de presión | 1/4" | S/M | Bronce | Rango 0-200 psi, 1 paso |
| V-6 | Válvula de bola | 3/8" | TOYO | Bronce | 5044A |
| V-7 | Válvula de cheque | 1/4" | APOLLO | Acero inoxidable | J M 125-S, 400-CWP |
| V-8 | Válvula de aguja | 1/4" | PN32 | Bronce | Crane D-71 |

Gráfico 4 Velocidad del motor Honda GX-120 a distintas relaciones aire-hidrógeno con alimentación de tanque Highland.

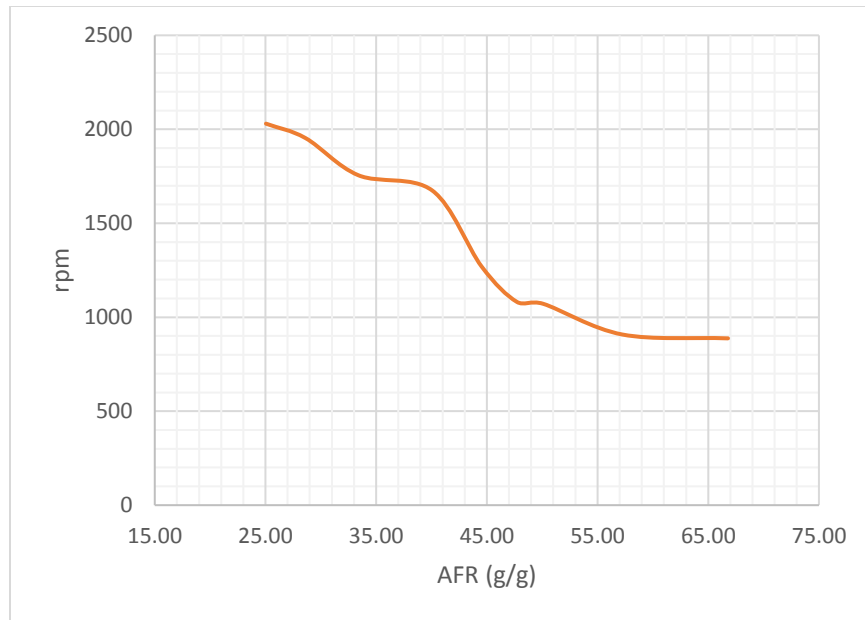


Gráfico 5 Velocidad del motor Honda GX-120 a distintas relaciones aire-hidrógeno utilizando alimentación de un cilindro a alta presión

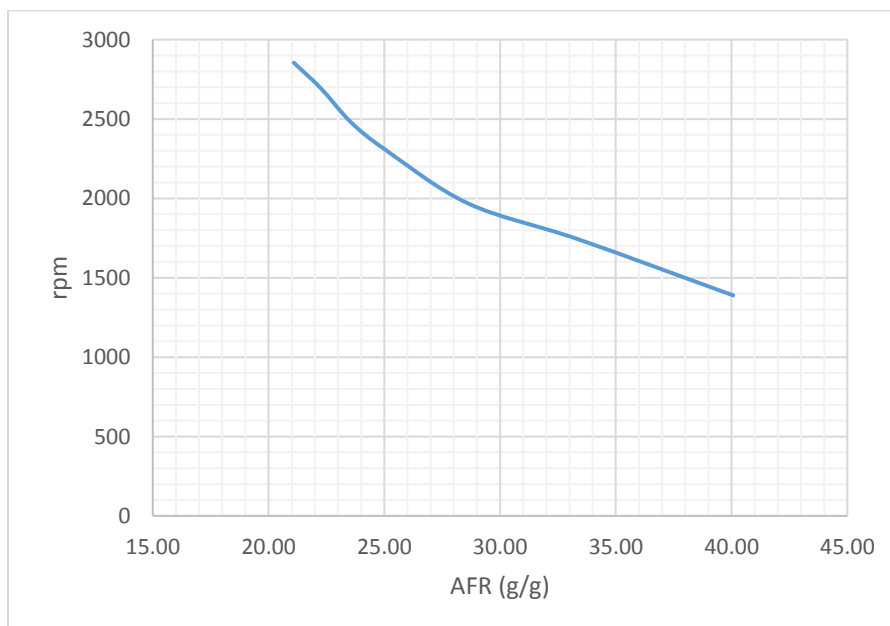


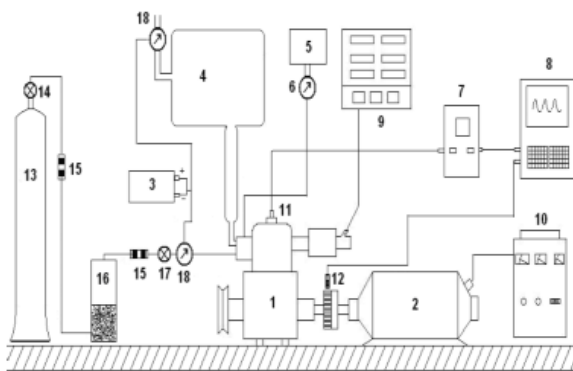
Tabla 7 Condiciones de operación requeridas por el motor Honda GX-120 utilizando hidrógeno como combustible

| Variable | Valor |
|-------------------------------|--------------------|
| Relación AFR (g/g) a utilizar | 23.00 |
| λ (g/g) a utilizar | 0.6750 |
| Presión de hidrógeno | 8.711 psi |
| Presión de aire | Ambiental (14 psi) |
| Flujo másico de hidrógeno | 233.44 g/h |

D. Estudio de Kosar, Ozdalyan & Belik

En este estudio utilizaron un motor Datsu LT 200 de 4 tiempos y un solo cilindro. Este motor tiene un calibre de 68mm, una carrera de 54mm, un radio de compresión 8.5:1, utilizaron un sistema carburado y un sistema de enfriamiento utilizando aire. En el estudio compararon el rendimiento del motor utilizando gasolina como parámetro de comparación e hidrógeno. (Kosar, Ozdalyan, & Belik, 2011)

Figura 13 Sistema utilizado para motor Datsu LT 200



1. Motor de Prueba. 2. Dinamómetro 3. Suministro de Energía. 4. Tanque de aire. 5. Tanque de Gasolina. 6. Medidor de Combustible. 7. Amplificador de carga. 8. Osciloscopio. 9. Análisis de gases de combustión. 10. Panel de control de dinamómetro. 11. Sensor de Presión. 12. Captador inductivo. 13. Tanque de Hidrógeno. 14. Reguladora de Hidrógeno. 15. Arrestador de llama. 16. Trampa de agua. 17. Paleta de control de flujo. 18. Medidor de

(Kosar, Ozdalyan, & Belik, 2011)

Los resultados obtenidos en el estudio fueron los siguientes:

Gráfico 6 Comparación de potencia gasolina e hidrógeno

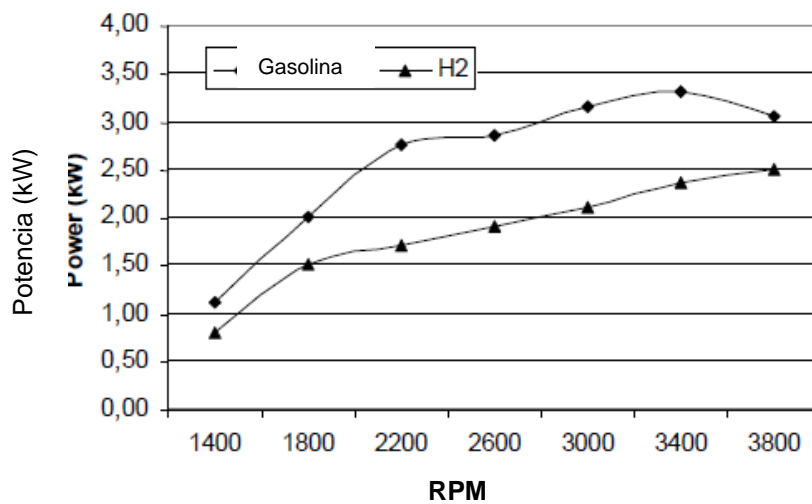


Gráfico 7 Comparación de emisiones de NOx gasolina e hidrógeno

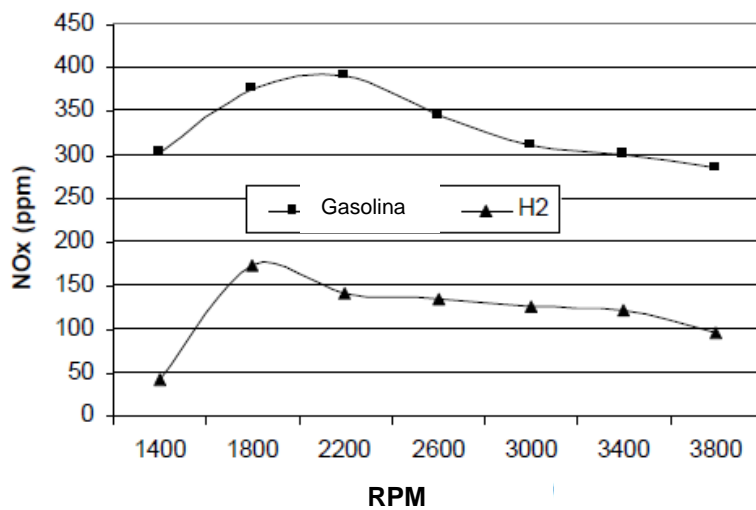
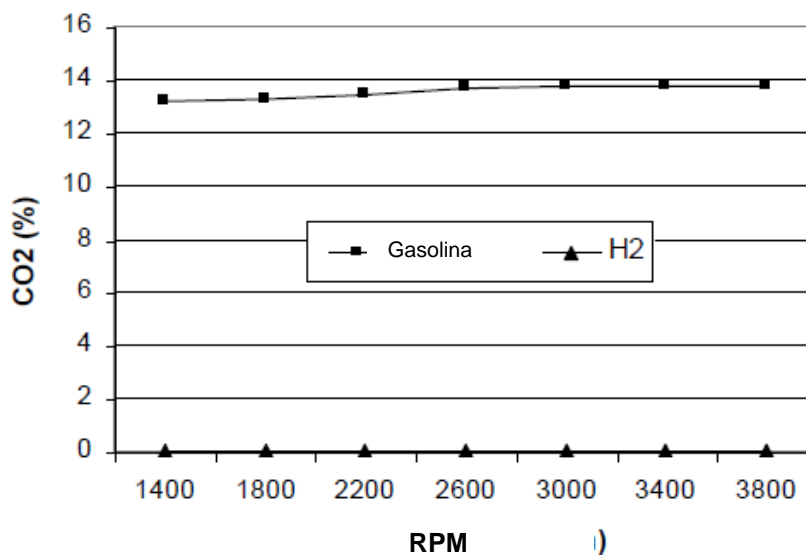


Gráfico 8 Emisiones de CO2 de gasolina e hidrógeno



E. Estudio de White, Steeper & Lutz

En este estudio hacen una revisión sobre la actualidad del uso de hidrógeno como combustible. Presentan motores funcionales con hidrógeno, junto con sus alternativas. Dentro de estas alternativas se encuentran: aumento de presión de aire para incrementar presión de la mezcla y lograr mejores relaciones de potencia, también mencionan que se debería de utilizar la inyección directa del hidrógeno. Este tipo de inyección presenta una gran ventaja ya que la eficiencia volumétrica incrementa y se elimina cualquier riesgo de retraso de llama. (White, Steeper, & Lutz, 2006)

VI. METODOLOGÍA

A. Metodología del módulo del motor de combustión

1. Se observaron una algunas de las pruebas de arranque del motor de la fase I, lo cual permitió detectar algunos de los problemas presentes como el retraso de llama.

2. Se analizó el sistema de la fase I, observando cada componente y analizando el propósito de cada componente del mismo.

3. Se planteó un nuevo sistema de almacenamiento para el suministro de hidrógeno al motor, debido a que en la fase I se utilizó el tanque Highland de la *Tabla 5* y este tiene un costo elevado.

4. Se planteó evaluar tres tanques de almacenamiento para la elaboración del distribuidor de hidrógeno al motor.

5. Tanques a evaluar:

a. Tanque Marca Worthington, utilizado comúnmente en asadores.

b. Tanque proporcionado por productos del aire utilizado en la fase I. (*Tabla 5*)

c. Tanque Highland utilizado en la fase I (*Tabla 5*)

6. El análisis se hizo con una matriz, la cual cada aspecto se ponderó con 1 si este cumplía y con 0 si este no cumplía. Los aspectos que se analizaron fueron los siguientes:

a. Seguridad. Para el tanque Worthington se hizo una breve revisión bibliográfica del material al que estaba hecho y si el hidrógeno reaccionaba con el mismo causando alguna posible fuga o explosión. Se encontró que las presiones a las que reacciona el hidrógeno con el material de este tanque son mayores a 10,132,500 Pa y las temperaturas no pueden sobrepasar los 200°C. Por consecuencia, se fijó la presión de llenado del tanque de 239,182 Pa (20 psig) y debido a que no se haría un calentamiento del hidrógeno, sino que se trabajaría a temperatura ambiente entonces este tanque cumpliría con el aspecto de seguridad. Posteriormente, se evaluaron las mismas condiciones con el tanque Highland y el que proporciona productos del aire y se pondero su aspecto de seguridad.

b. Cantidad H₂. Se realizó un aproximado de la cantidad de hidrógeno utilizando los cálculos 9 a 12 en la sección de Anexos y en base a eso se ponderó la cantidad de hidrógeno que podía almacenar cada tanque.

c. Presión cercana a la atmosférica. Debido a que por el momento la presión a la que genera la celda el hidrógeno es cercana a la atmosférica, se estableció este rubro para la selección del tanque de almacenamiento.

d. Manejo sencillo. El manejo sencillo se refiere a que pueda retirarse fácilmente el tanque de su lugar, para que se le pueda dar mantenimiento a la unidad.

e. Costo. El costo se determinó que fuera menor de Q500.00 debido a que este es un valor que fácilmente se podría conseguir si todos hicieran un aporte en una comunidad.

7. Se hizo una breve revisión del manejo de hidrógeno y se determinaron los siguientes aspectos:

a. Almacenaje:

- 1) Se debe proteger el cilindro de gas contra calor excesivo, fuego, corrosión peligrosa, daños mecánicos o manipulación de personas no autorizadas
- 2) El cuarto de almacenamiento debe tener materiales resistentes al fuego y una ventilación natural o forzada
- 3) No se deben almacenar los cilindros en sótanos

b. Transporte

- 1) Previo al transporte se debe asegurar que la válvula del cilindro esté correctamente cerrada y si es posible colocar protección a la misma.
- 2) Antes de mover el cilindro se debe sujetar mediante la protección de la válvula.
- 3) Se debe controlar el movimiento del cilindro de manera que no pueda caer la válvula del cilindro se abra accidentalmente. (Se recomienda el transporte en caja o pallet)

8. Vaciar los cilindros

- a. Los dispositivos como regulador de presión, adaptador o manguera, debe ser adecuado a la presión de trabajo del cilindro
- b. Abrir la válvula con la mano sin utilizar herramientas
- c. Ajustar la presión de trabajo deseada en el regulador de presión y abrir válvula de salida
- d. Comprobar la conexión de la válvula del cilindro y el regulador de presión para que no haya fugas
- e. Cerrar la válvula del cilindro durante un descanso y al final del trabajo para prevenir la liberación sin control del gas.
- f. Cuando el cilindro de gas esté vacío, sin tomar en cuenta el gas residual, se debe cerrar primero la válvula del cilindro y luego desenroscar el dispositivo reductor. No se debe hacer en orden inverso.

9. Debido a que el tanque seleccionado fue el de marca Worthington, se analizó el sistema de distribución de hidrógeno y se estableció que este debería tener una sección de vacío ya que el tanque, después de haber realizado las pruebas, se debía almacenar sin hidrógeno dentro del mismo.

10. Se determinó el distribuidor de hidrógeno debería tener una línea de llenado, una línea de suministro al motor y la línea de vacío.

11. Dentro de cada línea del sistema se decidió poner una válvula para abrir y cerrar la línea dependiendo de los requerimientos.

12. Se decidió poner en las tres líneas del sistema una válvula de chequeo en cada línea para evitar flujos en una dirección no deseada.

13. Para la línea de llenado del tanque y de suministro al motor se decidió poner una reguladora de presión para controlar la presión de entrada al tanque y la presión de salida al motor, además en estas dos líneas también era necesario utilizar un arrestador de llama para evitar que una llama llegue al tanque de almacenamiento de hidrógeno.

14. Para la línea de llenado del tanque se utilizó el arrestador de llama de la Tabla 37.

15. Para el otro arrestador de llama de la Tabla 37 se hizo a partir de una carcasa de filtros.

16. Se hizo una revisión bibliográfica y se utilizaron los datos del Gráfico 1 y las características de la llama de la sección A del marco teórico. Con estos datos y debido a que se iba a trabajar con el aire atmosférico sin ningún tipo de calentamiento previo. Se determinó que el recipiente debía de manejar una presión mayor a los 600,000 Pa.

17. Con el dato anterior se seleccionó la carcasa de filtro marca OMNIFILTER de la Tabla 37 debido a que este maneja una presión máxima de 861,845 Pa (125 psi) lo cual significa que soporta la presión que genera la llama de hidrógeno de 600,000 Pa.

18. También se seleccionó esta carcasa de filtro debido que por su sistema en la tapa permite introducir una manguera al fondo y para que el hidrógeno salga tiene que pasar por la parte central en el interior del recipiente.

19. Para que este arrestador funcione se le debe de agregar agua y también se tiene que dejar un espacio libre para que esté el hidrógeno y salga por la parte superior. Para esto se le deben de verter al recipiente 0.001 m^3 (1 L) de agua.

20. Posteriormente, se realizó el esquema del sistema en AUTOCAD.

21. Ya con el diseño aprobado y con los materiales que se contaban de la Fase 1 se adquirieron los componentes de la Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37 y Tabla 38.

22. Se procedió a armar el sistema como en la Figura 18.

23. Ya con el sistema, se procedió a establecer en dónde se iba a realizar la mezcla de aire-hidrógeno. Por motivos de seguridad se decidió realizar la mezcla en el mismo punto en donde lo realizaría el carburador.

24. Se analizó el funcionamiento del carburador en la sección D del marco teórico.

25. Se planteó realizar la mezcla con un sistema similar al de la Figura 2. Además, considerando los materiales que se contaban de la fase 1 y con el nuevo sistema de distribución de hidrógeno, se definió como el diámetro a utilizar para el suministro de hidrógeno, el mismo de la fase 1 (9.525mm, 3/8 in). Considerando el sistema mencionado, se determinó que se debía realizar una pieza de acople para que este estuviera adjunto al motor.

26. Por esta razón se decidió realizar una pieza de acople al motor, la cual permitiría el paso del aire de la atmósfera y del hidrógeno suministrado por el sistema.

27. Para el diseño de la pieza de acople al motor, se utilizó la presión de salida de hidrógeno (128,896.43 Pa, 4 psig)

28. Se realizaron los cálculos 9 a 12 para obtener el flujo de hidrógeno y de aire

29. Con estos flujos y utilizando el cálculo 13 se obtuvo una serie de relaciones aire-hidrógeno con los distintos diámetros de manguera y tubería, las cuales se pueden observar en la Tabla 40 y Tabla 41.

30. Para cumplir con el objetivo de utilizar recursos disponibles en el mercado se utilizaron diámetros de tubería que están disponibles en el mercado, debido a que estos se pueden adquirir fácilmente.

31. Se tomó la decisión de realizar dos piezas para la adaptación a la entrada de la cámara de combustión de diámetros de 31.75mm y 32.21mm (1 ¼ y 1 ½ in).

32. Posteriormente, se utilizó un torno para la elaboración de las piezas. Los esquemas de la pieza de acople de 1 ¼ se observan de la Figura 19 y Figura 20.

33. Para este estudio se definió como confiabilidad a la cantidad de veces que cumple el parámetro seleccionado contra la cantidad de veces que se hizo la medición del mismo. Se pondera con valores de 1 y 0 para que posteriormente la suma de todas las mediciones dividido dentro del número de mediciones proporcione un índice de confiabilidad en forma de porcentaje.

34. Se establecieron los siguientes parámetros para medir la confiabilidad del motor

a. Intentos

1) Son las veces que la persona hala de la empuñadura del motor desde que se deja pasar el hidrógeno por la línea de suministro de hidrógeno al motor hasta que este arranque

2) Se definieron como 10 intentos el número máximo debido a que después de 10 intentos la persona muestra cierta fatiga física.

b. RPM

1) Son las revoluciones que alcanza el eje del motor

2) Para que cumpla con este rubro se estableció que la medición del tacómetro debía ser mayor a 2200 RPM

c. Tiempo encendido

1) Para que cumpla con este rubro se estableció que el tiempo encendido del motor, según el cálculo 17 fuera aproximadamente del 40% (aproximadamente 60s) del mismo debido a que se consideró que la presión del tanque iba a disminuir. Por consiguiente, cuando la presión del tanque sea menor al rango de 115,111 Pa y 135,790 Pa (2 y 5 psi) el motor ya no iba a funcionar.

35. Se armó el sistema completo y se procedió a verificar fugas dentro del mismo dejando pasar nitrógeno a una presión de 273,647 Pa (25 psig) por todo el sistema y utilizando agua del grifo con jabón marca Axió en cada unión para detectar la posible existencia de alguna fuga.

36. Se arreglaron las fugas utilizando abrazaderas y teflón.

37. Se midió la masa del tanque vacío.

38. Se midió la presión de vacío a la que se encontraba el tanque Worthington con un vacuómetro marca DEWITT para que cuando se terminaran las pruebas, se llegara a la misma presión utilizando el vacío del laboratorio de operaciones unitarias.

39. Se hizo el primer llenado del tanque con hidrógeno.

40. Se midió la masa inicial del tanque de almacenamiento de hidrógeno vacío.

41. Posteriormente, era necesario cerciorarse que las válvulas del tanque, V-6 y V-1 de la Figura 18 estuviesen cerradas.

42. Se conectó la línea de llenado a la línea de suministro de hidrógeno del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.

43. Se procedió a abrir la válvula del tanque del laboratorio de operaciones unitarias.

44. Posteriormente, se abrió la reguladora de presión conectada al tanque de suministro de hidrógeno del laboratorio de operaciones unitarias.

45. La presión de salida a la que se fijó en la reguladora de presión del tanque del laboratorio de operaciones unitarias fue de 308,111 Pa (30 psig).

46. Se abrió completamente la válvula V-3

47. Se abrió la válvula que suministra el hidrógeno dentro del laboratorio de operaciones unitarias.

48. Se abrió la válvula reguladora de presión (V-5) y en la presión de salida se fijó a 239,182 Pa (20 psig) (la presión a la que estaría el tanque).

49. Se abrió la válvula del tanque Worthington para dejar que el hidrógeno entre al mismo.

50. Cuando se estabilizó la presión a 239,182 Pa (20 psig) se cerraron la válvula del laboratorio de operaciones unitarias y la válvula del tanque Worthington.

51. Se hizo una purga de la línea de llenado para eliminar el hidrógeno en la misma y se procedió a cerrar las válvulas V-5 y V3 completamente.

52. Se midió la masa final del tanque Worthington.

53. El sistema se transportó fuera del laboratorio de operaciones unitarias por razones de

seguridad.

54. Se abrió completamente la válvula V-6 y parcialmente la válvula V-7, el manómetro de salida debe de marcar una presión en el rango de 115,111 Pa y 135,790 Pa (2 y 5 psi).

55. Mientras se llega a esta presión una persona debe halar de la empuñadora del motor de arranque asegurando que el interruptor del motor esté indicando "ON".

56. Con el motor encendido se utilizó el anemómetro de la Tabla 39 y se midió el flujo de entrada de aire.

57. Con el tacómetro láser de la Tabla 39 se apuntó al eje y se obtuvieron las RPM a las que estaba trabajando el motor.

58. Se tomó nota de las revoluciones y velocidad de aire que indicaron los instrumentos.

59. Utilizando los cálculos 15 y 16, se obtuvo el flujo másico de hidrógeno y de aire durante las mediciones experimentales.

60. Este mismo procedimiento se repitió 11 veces para luego ir ponderando la matriz de confiabilidad y realizar el cálculo 19 para obtener el índice de confiabilidad del motor Honda GX-120.

61. Posteriormente, se midieron los tiempos de encendido a distintas RPM del motor.

62. Se definió que se iban a trabajar 2200, 2700 y 3200 RPM.

63. Se hicieron tres mediciones del tiempo encendido por cada RPM.

64. Se calculó un promedio de los tiempos de cada RPM y con eso se utilizó el cálculo 18 para obtener el volumen de agua bombeado por la bomba WB20XT.

B. Investigación y desarrollo la línea base y propuesta pedagógica

a. Enfoque y tipos de investigación: Se realizará una investigación cualitativa de carácter descriptivo con un enfoque de estudio de casos, Los autores Blasco y Pérez (2007:25), señalan que la investigación cualitativa estudia la realidad en su contexto natural y cómo sucede, sacando e interpretando fenómenos de acuerdo con las personas implicadas.

Utiliza diferentes instrumentos para recabar información como: encuestas, entrevistas, imágenes, observaciones, historias de vida, grupos focales, en cada uno de estos instrumentos se describen las rutinas y las situaciones problemáticas, así como los significados en la vida de los participantes.

El enfoque de estudio de casos permite estudiar un tema o múltiples temas según sea necesario y desde diferentes enfoques. Chetty (1996) indica que tradicionalmente el estudio de caso fue considerado apropiado sólo para las investigaciones exploratorias. Sin embargo, algunos de los mejores y más famosos estudios de caso han sido tanto descriptivos como explicativos.

Por todo lo descrito anteriormente y por las características del contexto y de la población seleccionada, se determinó que se realizaría una investigación cualitativa con enfoque de Estudio de Caso, de manera que los datos que se presentarán en este megaproyecto responden a la comunidad para la que fue diseñado el estudio.

El proceso de validación puede realizarse en campo y por juicio de expertos y para efectos de este módulo y considerando la situación actual de la unidad se realizó únicamente una validación por juicio de expertos, para llevarla a cabo fue necesario elaborar un instrumento que incluyera los aspectos a evaluar, después de su aprobación, se mostró el material para que los expertos según sus habilidades determinaran la funcionalidad del manual y colocaran las observaciones pertinentes.

C. Sujetos de investigación

Al inicio del Megaproyecto la propuesta educativa iba dirigida a la comunidad, los encargados del comité de agua potable serían los encargados de manejar la unidad, debido a que la unidad no está completamente terminada no fue posible realizar una validación de campo, por lo que los sujetos que participaron en la validación fueron expertos en la unidad.

1. José Andrés Hernández Gaitán – Ingeniero Químico: Está a cargo del megaproyecto, actualmente labora en la Universidad del Valle de Guatemala, es experto en el diseño y funcionamiento de la unidad, así como en el conocimiento de la comunidad de Panimaché V.

2. José Ignacio González Estrada – Estudiante: Estudiante de la Universidad del Valle de Guatemala, de la facultad de Ingeniería, es miembro activo del Megaproyecto *Diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrólisis de la orina humana fase II* y encargado de los cambios del motor.

3. Mayling Andrea Zamora Monterroso – Estudiante: Estudiante de la Universidad del Valle de Guatemala, de la facultad de Ingeniería, es miembro activo del Megaproyecto *Diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrólisis de la orina humana fase II* y encargada de la celda electrolítica.

4. Ircy Paola Estrada Martínez – Estudiante: Estudiante de la Universidad del Valle de Guatemala, de la facultad de educación y la licenciatura en Psicopedagogía, actualmente trabaja en el Hospital de Infectología y Rehabilitación como educadora especial.

5. Valeska Magdaly Xot – Estudiante: Estudiante de la Universidad del Valle de Guatemala, de la Facultad de Educación y la licenciatura en Psicopedagogía, actualmente trabaja en la Fundación Margarita Tejada como educadora titular.

D. Instrumentos y técnicas de investigación

Se utilizó un instrumento de elaboración propia, para conocer la funcionalidad del manual.

1. Nombre: Escala de validación de Manual para el uso de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido del electrólisis de la orina humana

2. Descripción: Consiste en una escala que contiene aspectos a evaluar, en donde los expertos podrán determinar por medio de una suma cuantitativa la funcionalidad del manual.

3. Objetivo: Conocer la opinión de los expertos respecto a los elementos que conforman el manual, así como la funcionalidad.

4. Proceso de aplicación: Contar con un ejemplar físico, para que los expertos puedan observar y explorar el manual, entregar la escalada de validación y recibir las observaciones pertinentes de parte de los expertos.

E. Proceso de investigación y desarrollo del módulo propuesta pedagógica:

1. Reunión con Ingeniero Andrés Hernández para determinar la necesidad de psicopedagogía dentro del Megaproyecto.

2. Tres visitas a la comunidad de Panimaché V.

3. Distribución de temas y del trabajo a realizar.

4. Analizar los resultados obtenidos de la línea base para determinar las necesidades de la población de Panimaché V y así determinar a quiénes estará enfocada la propuesta tomando en cuenta todos los factores relacionados.

5. Verificar el proceso de la unidad para determinar si el manual se enfoca en la continuidad del Megaproyecto.

6. Investigación Bibliográfica.

7. Diseño y elaboración del manual.

8. Diseño y elaboración de instrumento para validar la propuesta, tomando en cuenta las cuatro

áreas: pertenencia, metodología, recursos y aplicabilidad cada uno con criterios específicos que permitirá que los expertos puedan validar o no, la propuesta del manual.

9. Validación por Juicio de Expertos, se consultará a 3 expertos en la materia que puedan validar la información contenida en el Manual, para garantizar de manera exitosa la futura implementación del mismo.

10. Análisis e interpretación de la escala de validación.

11. Elaboración y presentación de informe final.

F. Metodología del módulo de análisis de factibilidad y gestión de proyectos

1. Control y cumplimiento de actividades

a. Definir las actividades y secuenciarlas. Para poder realizar esto, me reuniré con cada uno de los integrantes de forma individual y juntos iremos determinando sus actividades y sub-actividades de una forma ordenada. Se utilizará la herramienta Excel para realizar un listado de cada actividad y se compartirá en Google Drive con el resto de los integrantes.

b. Duración de actividades. Una vez realizado el paso anterior, se establecerá una fecha para la terminación de cada una de las actividades y a cada actividad se le agregará un colchón, es decir, tiempo extra permisible para poder ser terminada sin que haya atrasos considerables que afecten el desarrollo del Megaproyecto.

c. Desarrollo del cronograma. Teniendo ya el listado de las actividades con sus respectivas sub-actividades y sus tiempos predeterminados, se procederá a realizar un cronograma, sin embargo, no se agregarán colchones para facilitar la tarea de realizar cualquier modificación.

d. Monitorear y controlar el cronograma. Para monitorear y controlar que todas las actividades se lleven a cabo en los tiempos correspondientes, se realizarán reuniones semanales con cada integrante de forma individual y grupal y cada semana se entregará un pequeño reporte sobre el cumplimiento de las actividades. En caso de incumplimiento, los integrantes me tendrán que presentar una justificación y será decisión del coordinador si es aplicable o no lo es.

e. Realizar actualizaciones. En el desarrollo de un proyecto siempre se realizan cambios para el mejor desarrollo del mismo. Por lo tanto, se realizarán modificaciones a las actividades del cronograma cuando sea necesario. Posibles actualizaciones pueden ser agregar más tiempo, añadir otra actividad, eliminar una actividad o modificar una actividad por completo.

G. Gestión de Recursos Humanos y materiales

1. Establecer días de trabajo. Se realizarán reuniones con cada uno de los integrantes de forma individual y se establecerá los días que hayan realizado ya sea investigaciones, pruebas, diseños, análisis, etc. Esta información se anotará en un archivo de Excel.

2. Definir horas de trabajo. Una vez realizado el paso anterior se definirán las horas que trabajaron ya sea en investigaciones, pruebas, diseños, etc.

3. Uso de materiales. Tal como se definieron las horas de trabajo, así se definirán los materiales utilizados durante las actividades realizadas.

4. Costos. Teniendo toda esta información, se unificará y se presentará un presupuesto con todos los costos realizados durante el Megaproyecto.

H. Visualización, estructura y desarrollo del Megaproyecto

1. Entender el proceso del Megaproyecto. Como primer punto, se harán reuniones grupales y se utilizarán las entrevistas individuales realizadas para el control y cumplimiento de actividades.

2. Identificar etapas del Megaproyecto. Un proyecto como tal se divide en las etapas de inicio, planeación, ejecución, control y cierre. En el Megaproyecto se deberán definir y describir estas etapas y evaluar su desarrollo.

3. Determinar el estado final del Megaproyecto. Al Megaproyecto se le dará cierre durante el segundo semestre del 2016 haya o no haya cumplido sus objetivos. Por lo tanto, se establecerá a qué punto se llegó y qué hará falta en la siguiente fase.

4. Dar recomendaciones. Una vez terminado el Megaproyecto, se evaluará qué se hizo mal y se propondrán recomendaciones que le serán útiles al siguiente grupo que trabaje en este Megaproyecto.

I. Análisis de factibilidad

1. Realizar visita a la comunidad de Panimaché V. Se realizará una visita para

extraer información sobre el posible impacto que tendría la futura instalación de la unidad en la comunidad. Para ello, se hará un recorrido a los dos pozos y se medirá el tiempo que toma recorrerlos. Además, se realizará un Grupo Focal con las mujeres en la escuela de la aldea, con el objetivo de extraer información sobre como cambiarían sus vidas si se instalara la unidad.

2. Establecer costos iniciales, de mano de obra y mantenimiento: Se utilizarán los datos obtenidos de la Gestión de Recursos Humanos y Materiales y además, se investigará sobre la vida útil de cada una de las partes y otros aspectos para establecer el costo de mantenimiento.

3. Análisis costo – eficacia. Se escogerá como parámetro de Eficacia el tiempo ahorrado que se invertía en recoger agua todos los días y se hará de la siguiente manera:

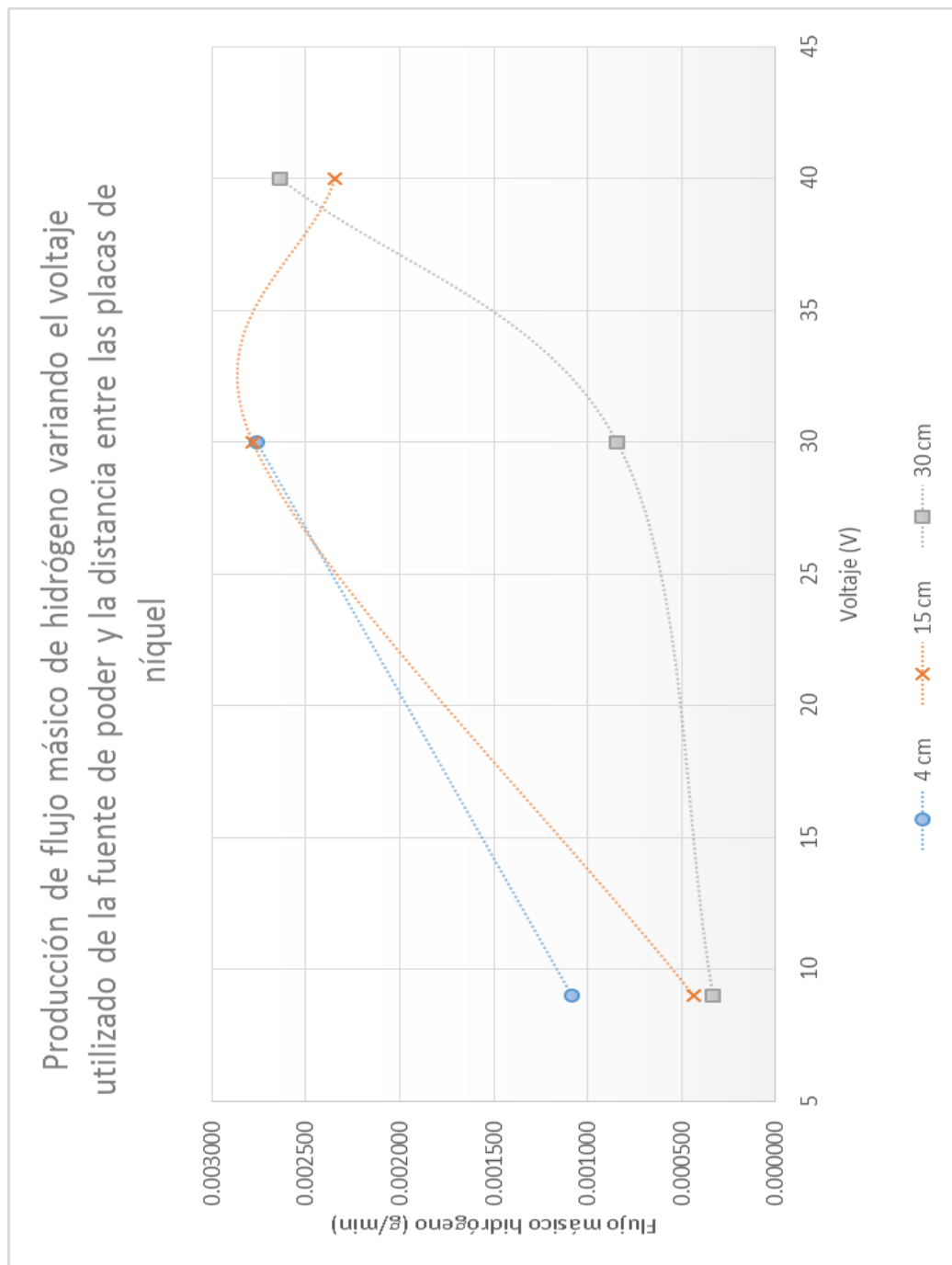
- La unidad del Megaproyecto. Se ahorraría tiempo en recoger agua, las personas solo tendrían que orinar y llevar el tanque de la orina depositada al pozo más lejano para obtener agua.
- Utilizando el motor, pero con gasolina. Se reduce el tiempo en recoger agua, sin embargo, debe considerarse el tiempo y costo que implica comprar gasolina y llevarla a la comunidad. puesto que la comunidad no cuenta con gasolinera.
- Mochilas Aguapac. Son mochilas diseñadas para transportar agua, el volumen que logran tener es aproximadamente de 19 L, al tener mayor capacidad que una tinaja o recipiente tradicionalmente utilizado, se necesitan menos viajes para transportar mayor volumen de agua, por lo que el tiempo de acarreo de agua disminuye aproximadamente alrededor de un 40%.

Se compararán tanto los costos, como la eficacia de cada uno de los tres proyectos y se determinará si el Megaproyecto propuesto es el más factible a realizar en la comunidad.

4. Factibilidad de análisis VPN. Aparte del análisis costo – eficacia, se procederá a evaluar si es posible realizar un análisis de VPN para este Megaproyecto.

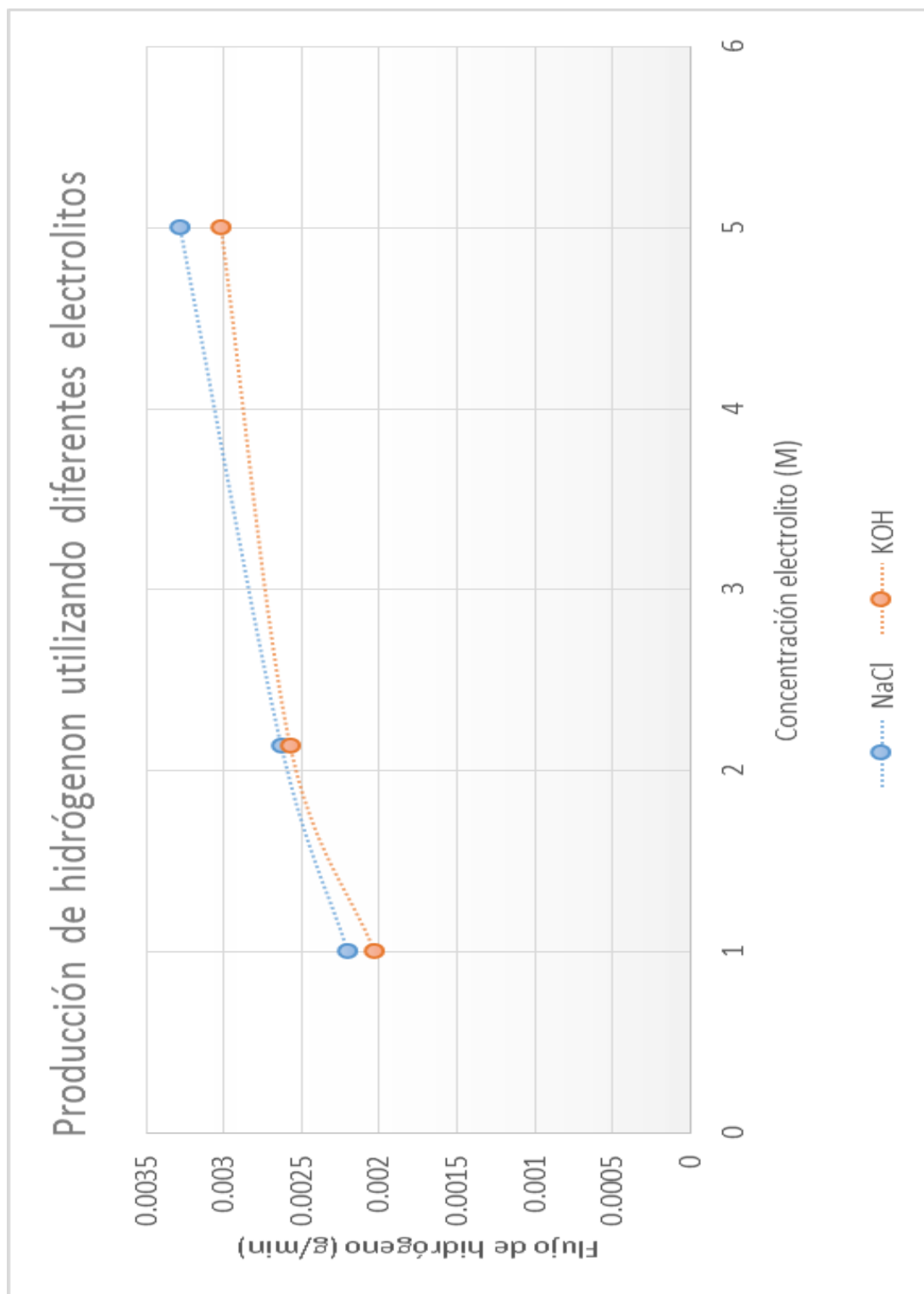
VII. RESULTADOS

Gráfico 9 Flujo másico promedio de hidrógeno variando voltaje y distancias en las placas de níquel, utilizando hidróxido de potasio (KOH)



(Zamora, 2016)

Gráfico 10 Flujo másico promedio de hidrógeno producido, utilizando dos diferentes electrolitos (KOH y NaCl) a un voltaje de 9V y una distancia entre placas de 7cm.



(Zamora, 2016)

Tabla 8 - Flujo másico promedio de hidrógeno producido a diferentes voltajes y distancias de placas, utilizando dos diferentes electrolitos (KOH y NaCl)

| Electrolito | Distancia entre placas | Voltaje | Flujo promedio de hidrógeno |
|-------------|------------------------|---------|-----------------------------|
| KOH | 5.5 cm | 5V | 0.0017625 |
| KOH | 7.5 cm | 5V | 0.0016468 |
| NaCl | 6.5 cm | 9V | 0.0002320 |
| NaCl | 6.5 cm | 15V | 0.0005596 |

(Zamora, 2016)

Tabla 9 - Costo del electrolito utilizado para una corrida en la celda electrolítica.

| Reactivo | Molaridad | Peso molecular (g/mol) | Volumen (L) | Cantidad para 1 corrida (g) | Precio (Q/g) | Costo total (Q) |
|----------------------|-----------|------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|-----------------|
| Cloruro de sodio | 8 | 58.44 | 1.5 | 701.28 | 0.0055 | 3.86 |
| Hidróxido de potasio | 8 | 56.11 | 1.5 | 673.32 | 0.25 | 168.33 |

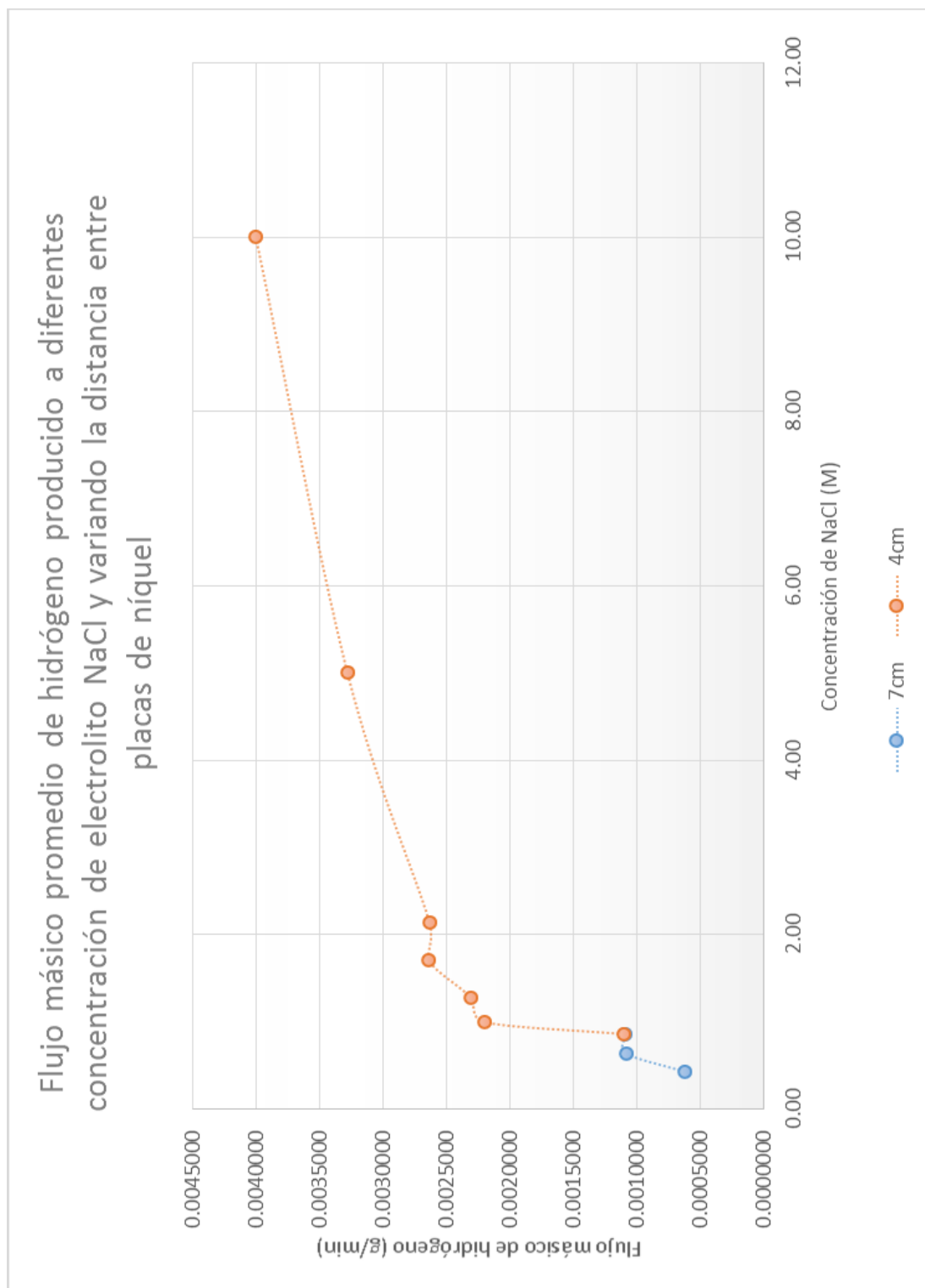
(Zamora, 2016)

Tabla 10 - Matriz de selección entre el electrolito KOH y NaCl

| Criterio | Puntuación máxima | KOH | NaCl |
|---|-------------------|------------|------------|
| Producción de hidrógeno. | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| Cantidad necesaria para utilizar en una corrida de la celda electrolítica. | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| Menos tóxico para el ambiente. | 0.2 | 0.15 | 0.05 |
| Menos tóxico para su manipulación. | 0.2 | 0.15 | 0.05 |
| Costo de la cantidad necesaria de electrolito para una corrida de la celda electrolítica. | 0.2 | 0.2 | 0 |
| Total | 1 | 0.7 | 0.3 |

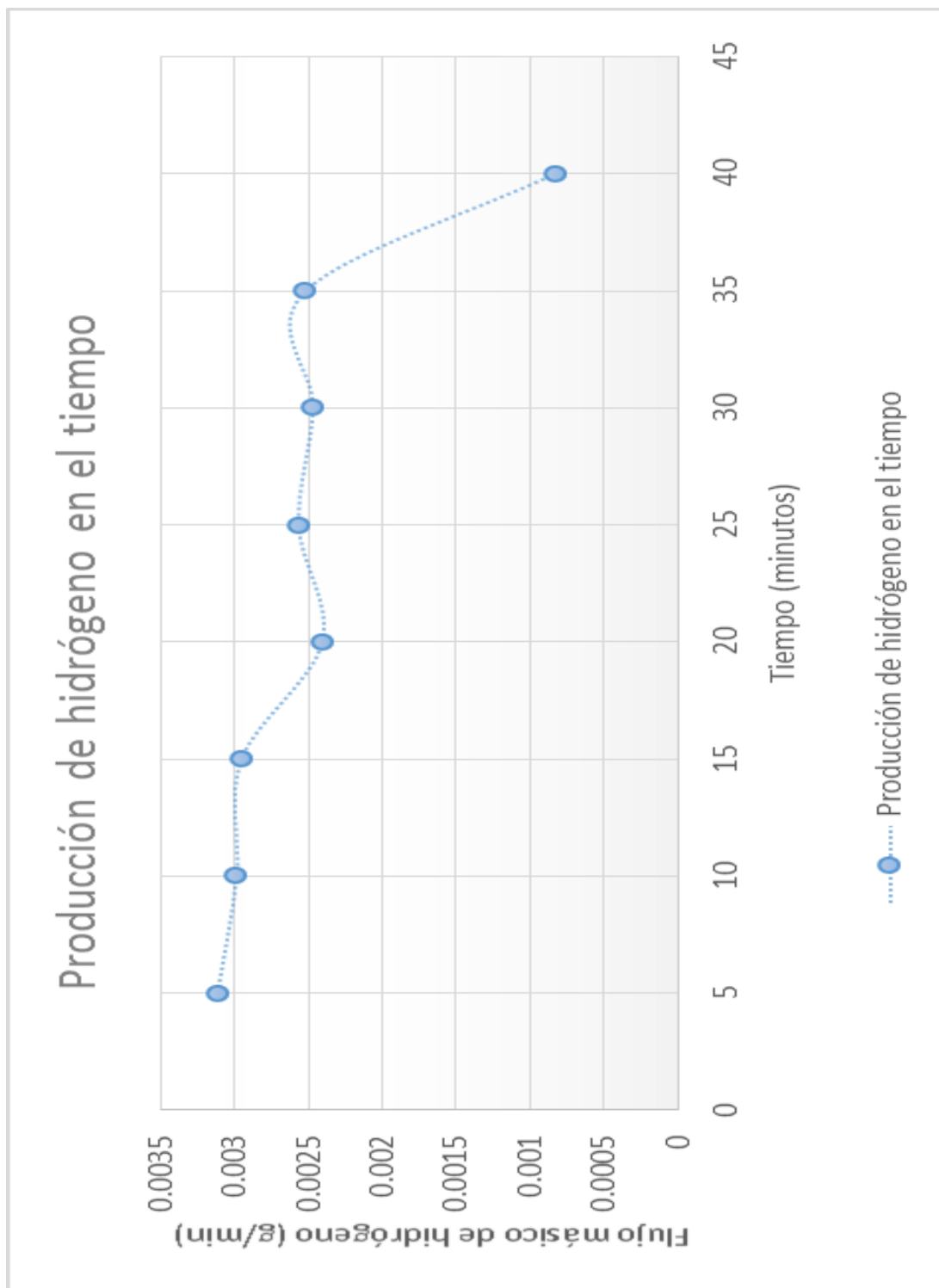
(Zamora, 2016)

Gráfico 11 Flujo másico promedio de hidrógeno producido utilizando cloruro de sodio (NaCl) como electrolito, variando la distancia entre las placas y un voltaje de 9V fijo.



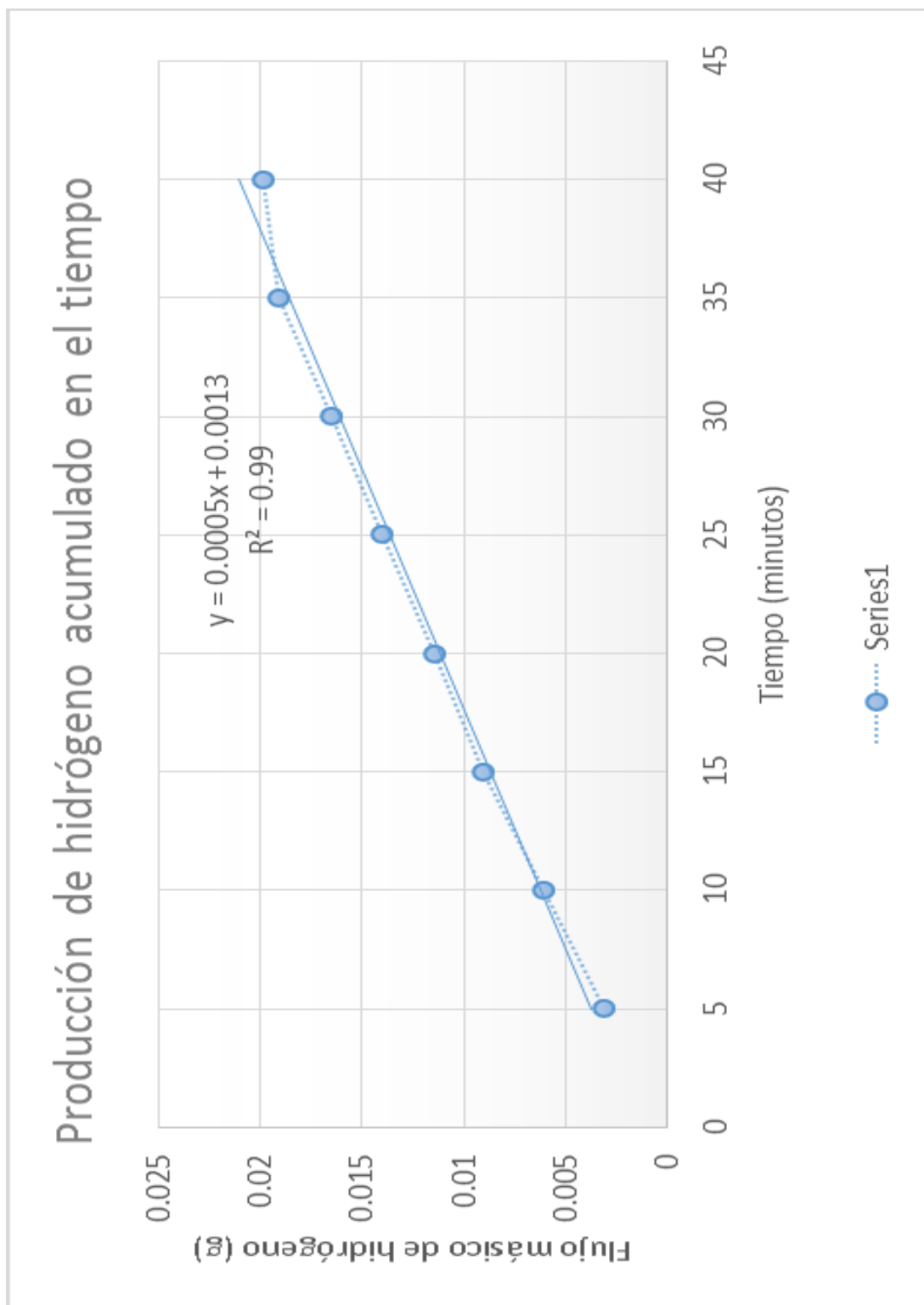
(Zamora, 2016)

Gráfico 12 Flujo másico de producción de hidrógeno en intervalos de 5 minutos utilizando cloruro de sodio (NaCl) como electrolito.



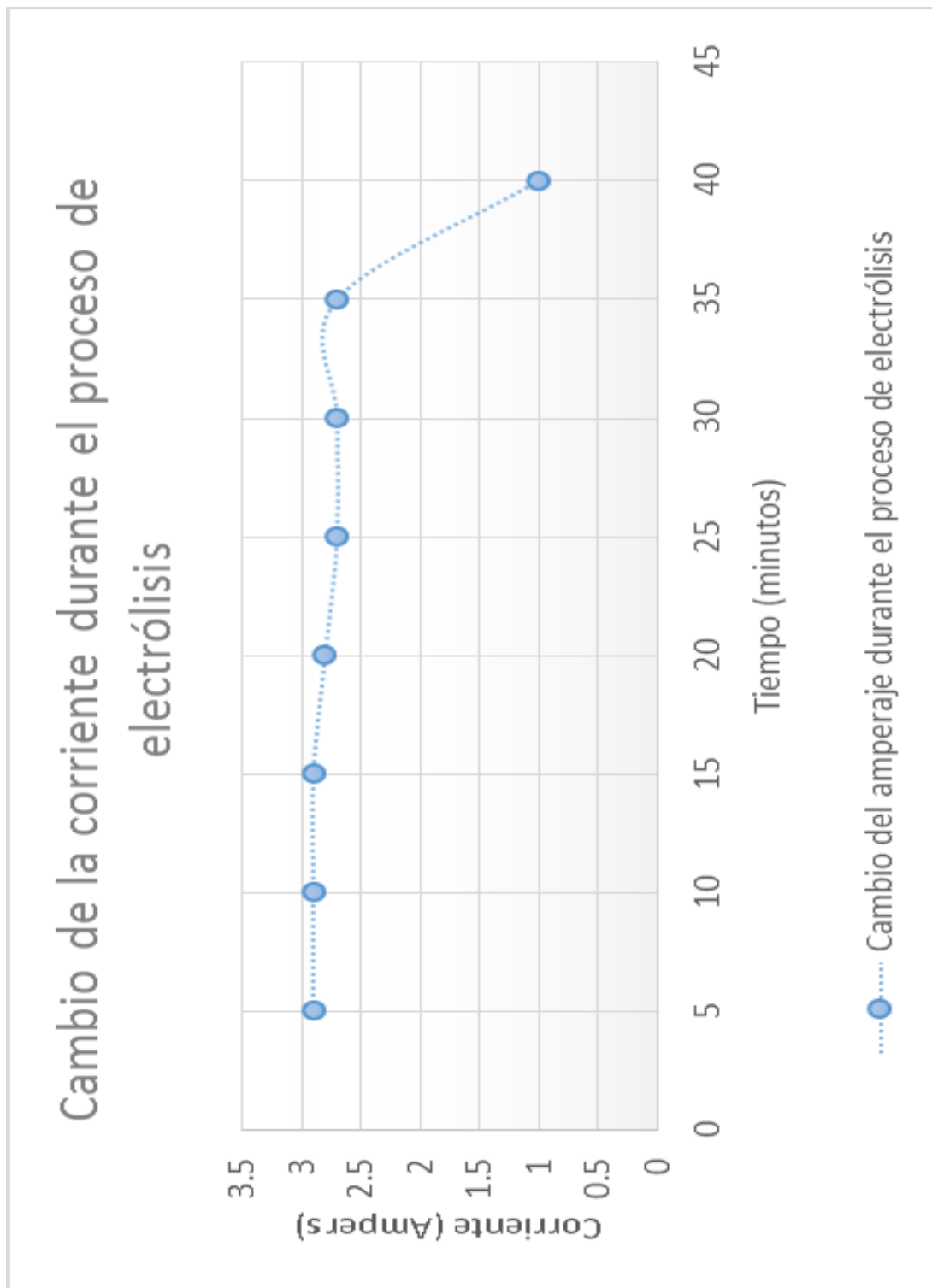
(Zamora, 2016)

Gráfico 13 Flujo másico de producción de hidrógeno acumulado en el tiempo de la realización de la prueba, utilizando cloruro de sodio (NaCl) como electrolito.



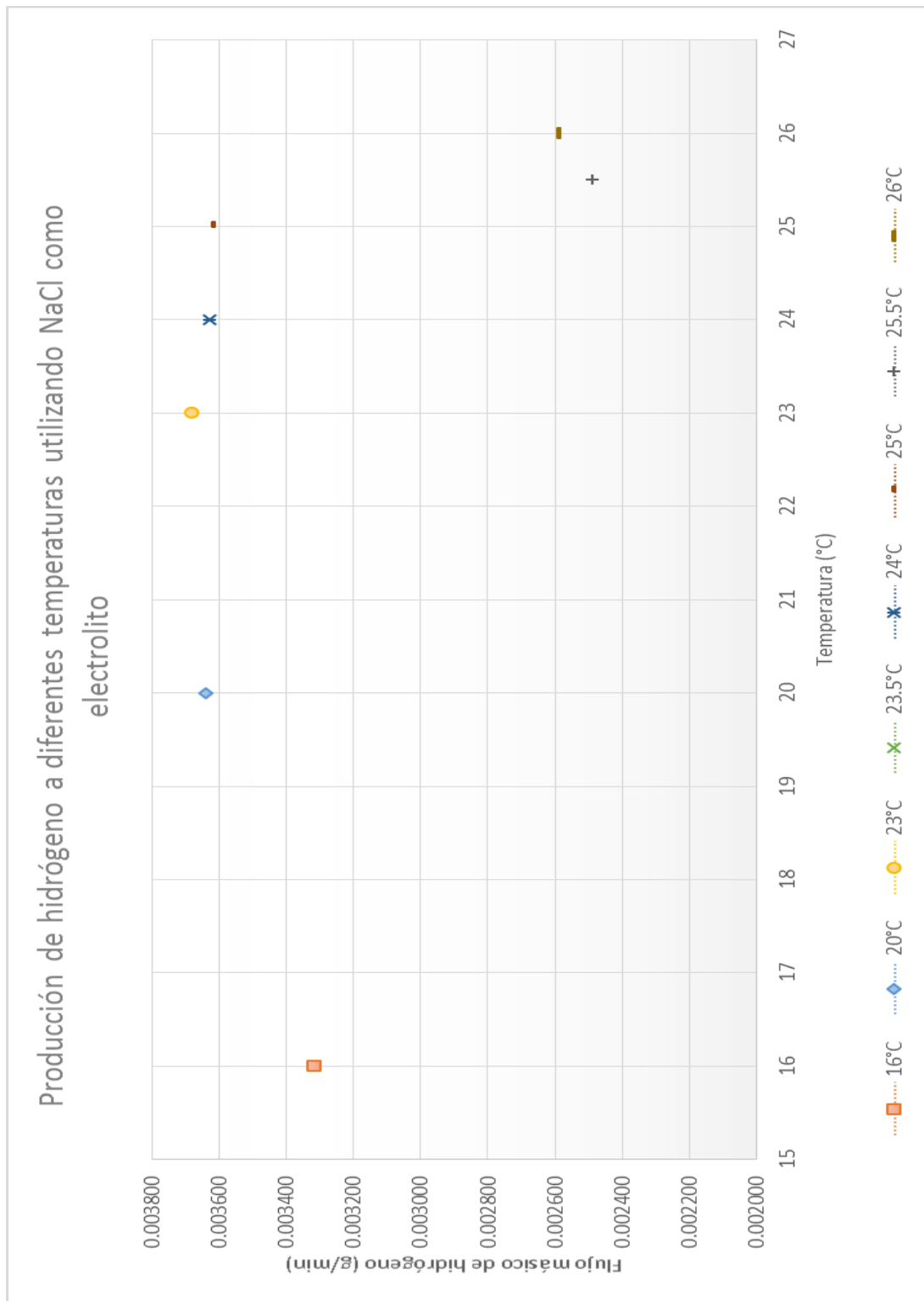
(Zamora, 2016)

Gráfico 14 Corriente obtenida durante el tiempo de la prueba realizada utilizando un voltaje de 5V y cloruro de sodio (NaCl) como electrolito.



(Zamora, 2016)

Gráfico 15 Corriente obtenida durante el tiempo de la prueba realizada utilizando un voltaje de 5V y cloruro de sodio (NaCl) como electrolito.



(Zamora, 2016)

Tabla 11 - Condiciones de operación determinadas para la utilización de la celda electrolítica con base a los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas.

| No. | Condiciones a trabajar | Rango/Condiciones de operación |
|-----|---------------------------|---|
| 1 | Electrolito a utilizar | NaCl (Cloruro de sodio) |
| 2 | Concentración electrolito | [5 – 8] M [292 – 467]g NaCl / Litro de orina |
| 3 | Voltaje | 9V |
| 4 | Temperatura | [22 - 24] °C |
| 5 | Tiempo de operación | 35 minutos |

(Zamora, 2016)

Tabla 12 - Dimensiones de la celda electrolítica con base al diseño propuesto.

| Descripción | Valor |
|---|-----------------|
| Capacidad de la celda electrolítica | 1.5 L |
| Diámetro interior de la celda electrolítica | 12.4 cm (5") |
| Alto de la celda electrolítica | 17.78 cm (7") |
| Diámetro de salida del hidrógeno producido | 0.953 cm (3/4") |
| Ancho de las placas de níquel (8 placas) | 10 cm (3.94") |
| Ancho de las placas de níquel (8 placas) | 8 cm (3.15") |
| Ancho de las placas de níquel (4 placas) | 6 cm (2.36") |
| Largo de las placas de níquel | 15.24 cm (6") |
| Espesor de las placas de níquel | 0.1 cm (0.04") |

(Zamora, 2016)

Tabla 13 - Cantidad de orina que se puede obtener con las personas que habitan en la comunidad (idealmente).

| Descripción | Cantidad | Dimensional |
|-----------------------------|----------|-------------|
| Familias en la comunidad | 44 | Familias |
| Integrantes de cada familia | 4 | Personas |
| Total personas | 176 | Personas |
| Cantidad de orina /persona | 2 | L |
| Orina total de la comunidad | 352 | L |

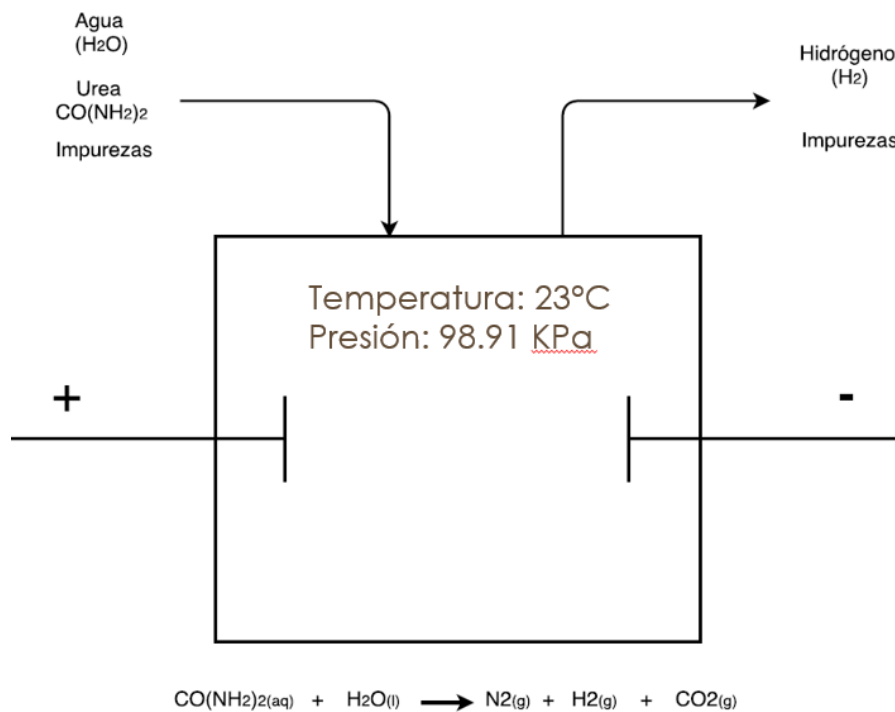
(Zamora, 2016)

Tabla 14 - Comparación entre la celda electrolítica trabajada a nivel laboratorio y la propuesta para determinar el tiempo en que se obtienen los 10g de hidrógeno y cuántas celdas se requieren para producir los 10g de hidrógeno en 2 minutos.

| | | |
|-------------------|----------|---|
| Celda Laboratorio | 0.002722 | g H ₂ /min |
| | 3673.46 | minutos |
| | 61.2243 | horas para producir 10g de H ₂ |
| | 1837 | Celdas requerida (10g de H ₂) |
| | 2756 | Litros de orina/día |
| Celda Propuesta | 0.1267 | g H ₂ |
| | 78.9160 | minutos |
| | 1.3153 | horas para producir 10g de H ₂ |
| | 40 | Celdas requerida (10g de H ₂) |
| | 60 | Litros de orina/día |

(Zamora, 2016)

Figura 14 Balance de masa para la celda electrolítica trabajada en laboratorio.



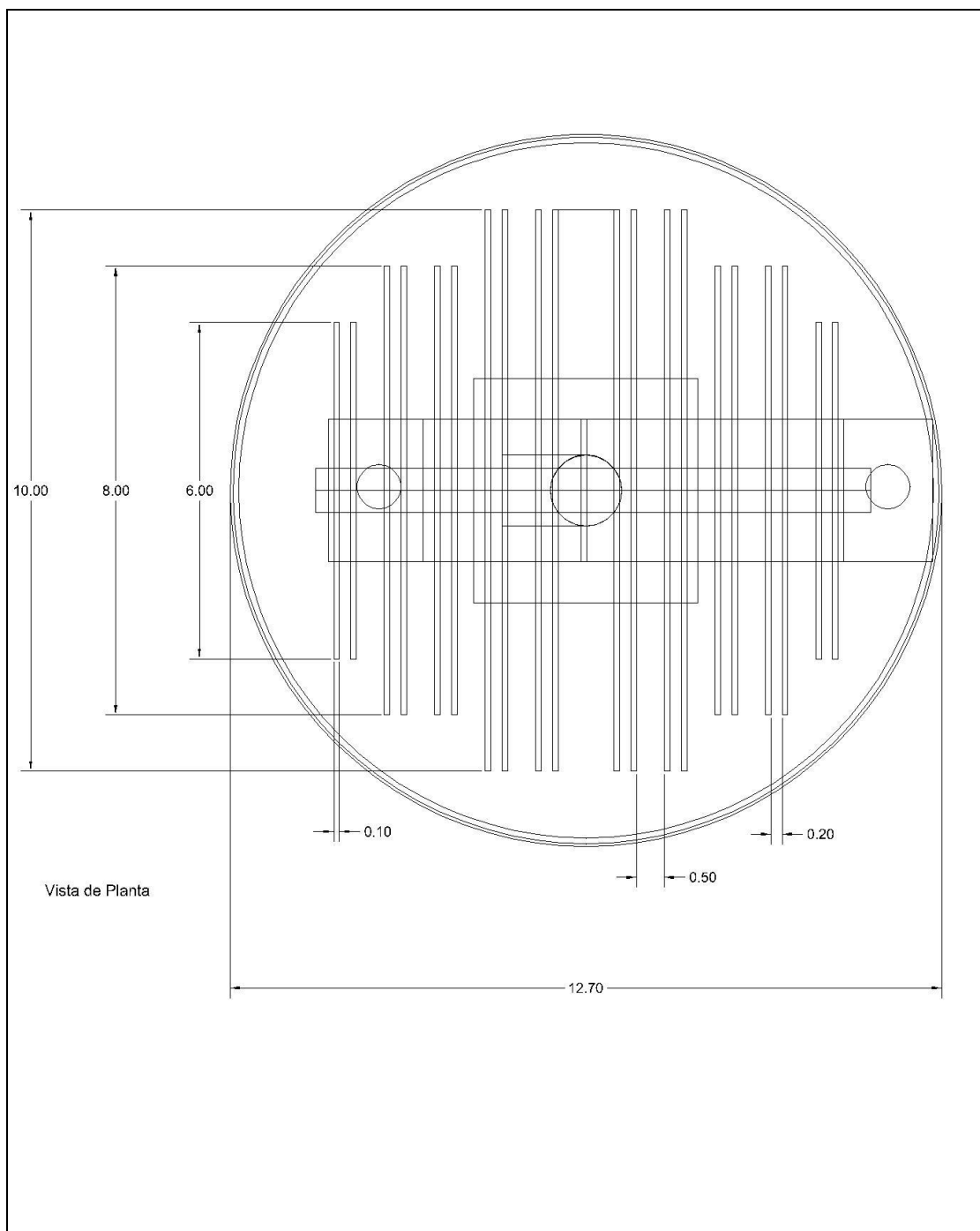
(Zamora, 2016)

Tabla 15 Flujos de entradas y salidas para el balance de masa de la celda electrolítica.

| Descripción | Flujo |
|-------------|---|
| Entrada | Orina: 27.14 mL/min (95% agua, 3% urea y 2% impurezas) |
| Salida | Hidrógeno: 0.0027 g de H ₂ /min Impurezas: 22.57 mL/min |

(Zamora, 2016)

Figura 15 Diseño de la celda electrolítica propuesta (vista de planta).



Título: Diseño de la celda electrolítica propuesta.

1

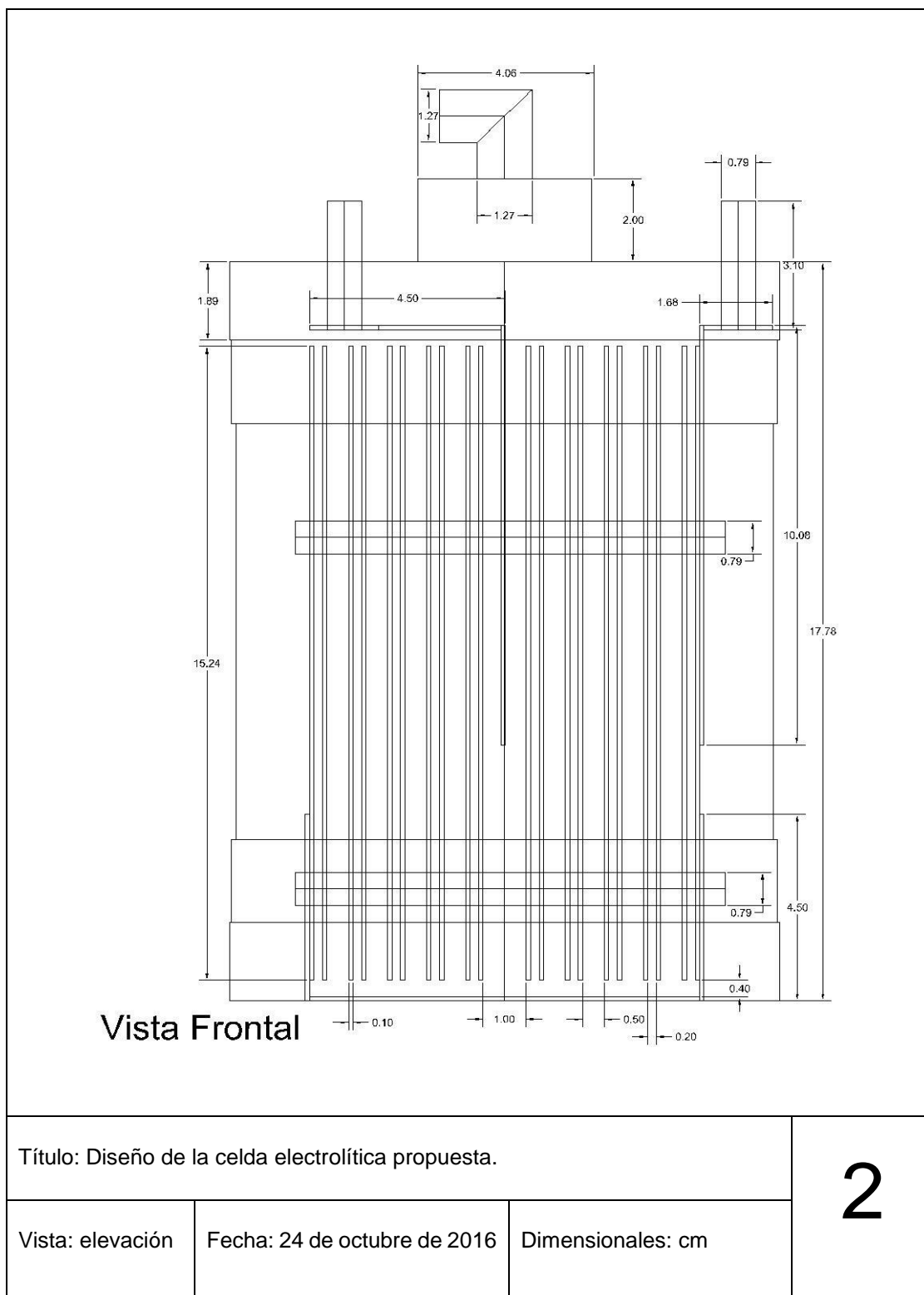
Vista: Planta

Fecha: 24 de octubre de 2016

Dimensionales: cm

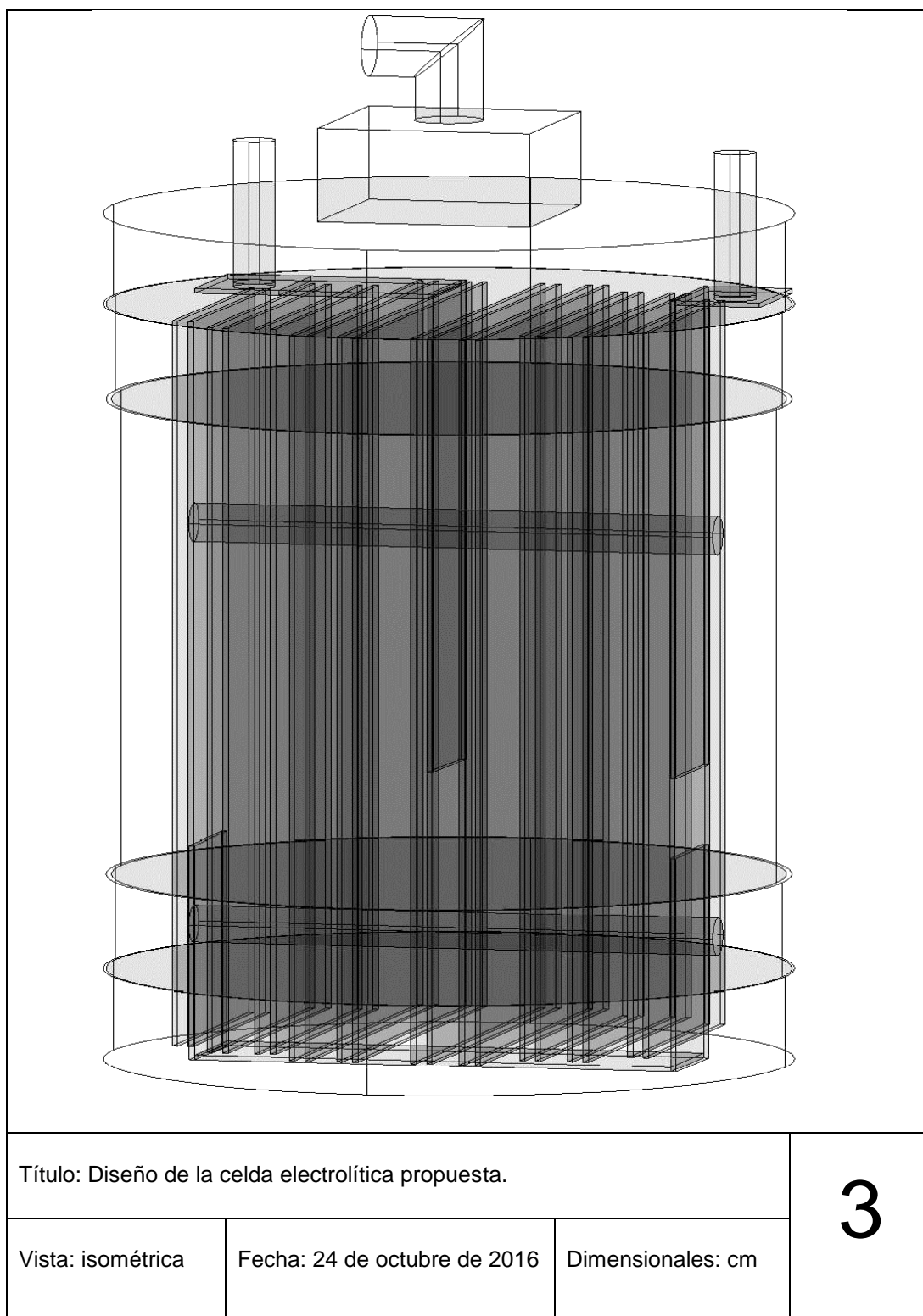
(Zamora, 2016)

Figura 16 Diseño de la celda electrolítica propuesta (vista frontal).



(Zamora, 2016)

Figura 17 Diseño de la celda electrolítica propuesta (vista isométrica).



(Zamora, 2016)

Tabla 16 Matriz de selección de tanque de almacenamiento

| Rubro | Tanque Worthington | Tanque Highland | Tanque Productos del aire |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|
| Seguridad | 1 | 1 | 0 |
| Cantidad H ₂ | 0 | 0 | 1 |
| Presión cercana a atmosférica | 1 | 1 | 0 |
| Manejo sencillo | 1 | 1 | 0 |
| Costo | 1 | 0 | 0 |
| Suma | 4 | 3 | 1 |

*Nota: El tanque Worthington es comúnmente utilizado en asadores, tiene una altura de 447.67mm y una capacidad de agua de 21.6kg. El tanque Highland utiliza haluros de alquilo para el almacenaje del hidrógeno. El tanque de Productos del aire es el que se encuentra en el laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 18 Esquema del sistema de llenado de tanque de hidrógeno y suministro del mismo al motor Honda GX-120

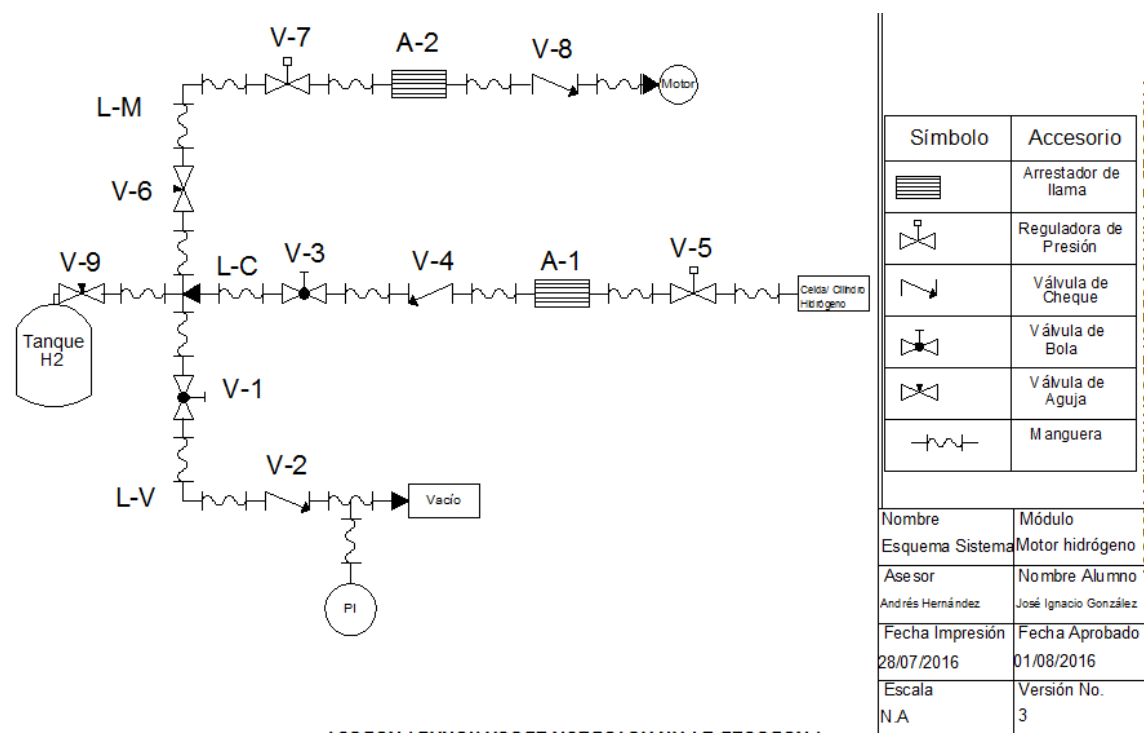


Tabla 17 - Características de piezas de acople al motor

| Pieza | Características |
|----------------------------------|---|
| Pieza 1 (1 ¼) de acople al motor | El diámetro de entrada es de 31.75mm (1 ¼ in) con una masa de 1.1 kg. El diámetro de esta pieza, acoplada al accesorio en T permite una relación de aire-hidrógeno de 32.21 kg/kg. La masa de esta pieza es de 1.1kg. |
| Pieza 2 (1 ½) de acople al motor | El diámetro de entrada es de 38.1mm (1 ½ in) con una masa de 1.2 kg. El diámetro de esta pieza, acoplada al accesorio en T permite una relación aire-hidrógeno de 46.38 kg/kg. La masa de esta pieza es de 1.2 kg. |

*Nota: El material utilizado para las piezas de acople del motor fue acero al carbón.

Figura 19 Vistas de la pieza de acople al motor Honda GX-120

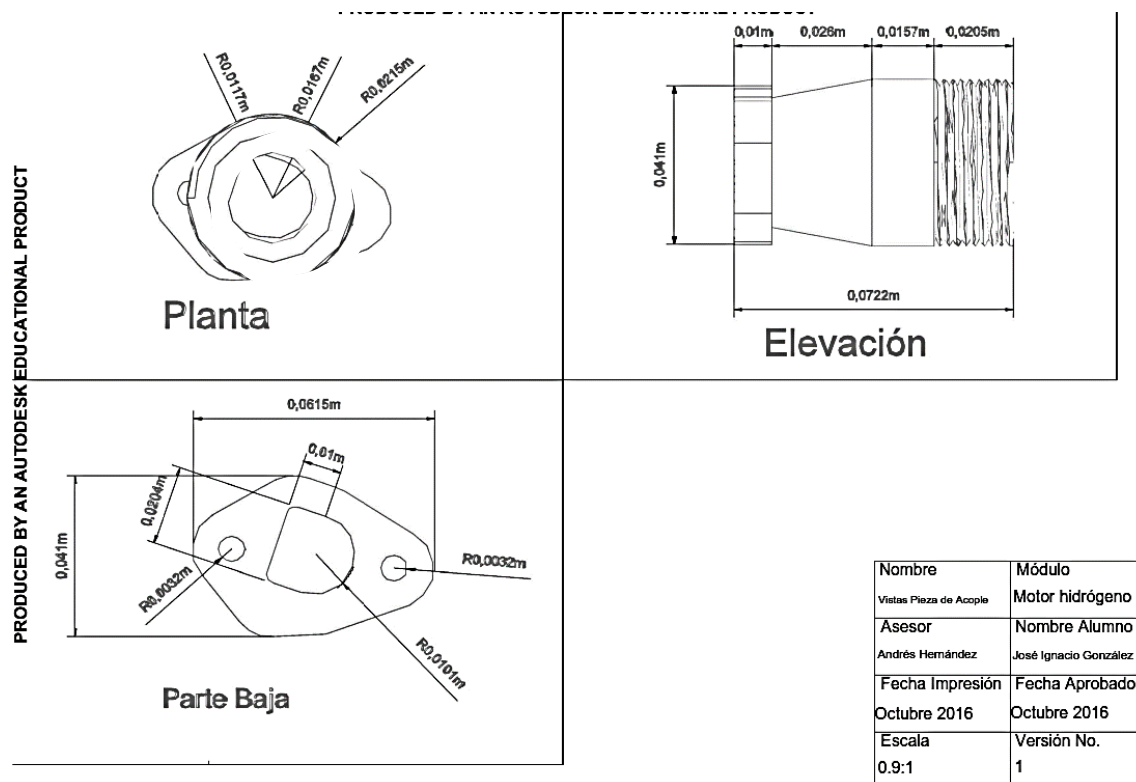
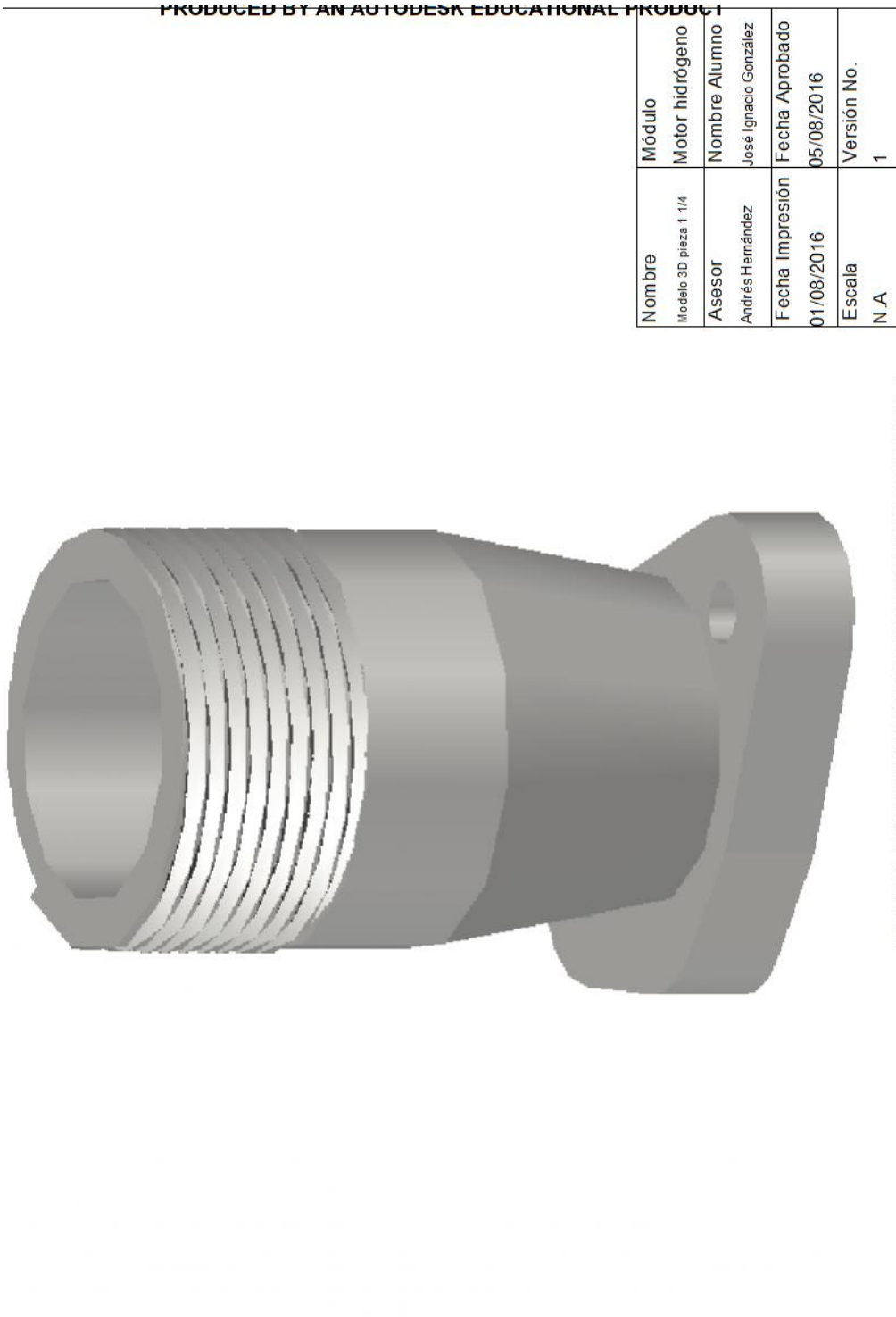


Figura 20 Modelo 3D Pieza de acople a motor Honda GX-120



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| Nombre | Módulo |
| Modelo 3D pieza 1 1/4 | Motor hidrogeno |
| Asesor | Nombre Alumno |
| Andrés Hernández | José Ignacio González |
| Fecha Impresión | Fecha Aprobado |
| 01/08/2016 | 05/08/2016 |
| Escala | Versión No. |
| N.A | 1 |

LA OBTENCIÓN DE ESTE DOCUMENTO ES UN FAVOR DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Figura 21 Pieza de acople de 1 1/4 de diámetro, acoplada al motor



Figura 22 Arrestador de llama para línea de suministro de hidrógeno a motor Honda GX-120

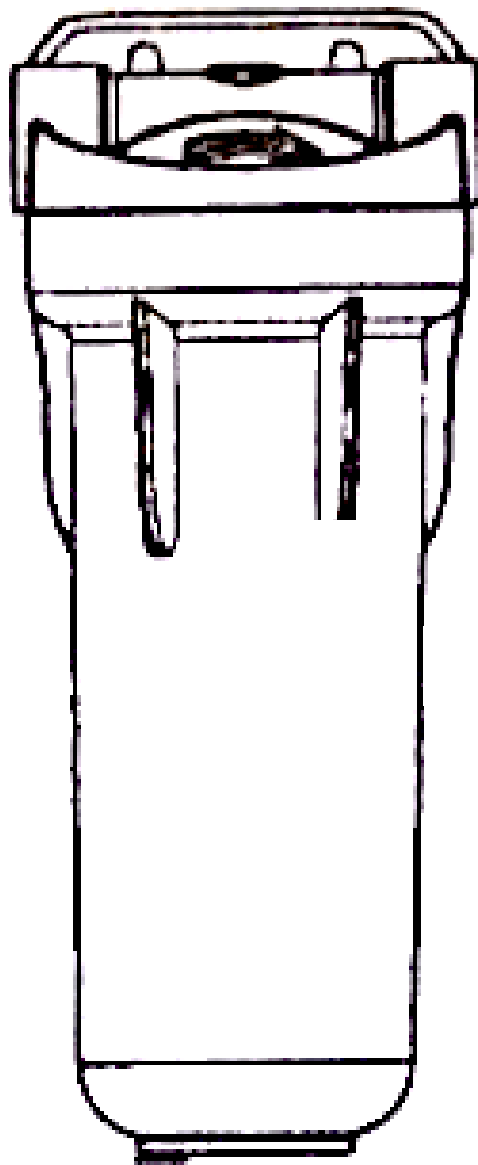


Tabla 18 Especificaciones de Arrestador de llama de línea de suministro de hidrógeno a motor
Honda GX-120

| Aspecto | Especificación |
|--------------------|---------------------|
| Presión Máxima | 861,845 Pa (125psi) |
| Temperatura Máxima | 37.78°C (100°F) |
| Diámetro | 13.002 cm |
| Altrua | 30 cm |

Tabla 19 Matriz de confiabilidad del motor Honda GX-120 utilizando pieza de acople de 1 1/4

| Prueba | Intentos | RPM | Tiempo encendido | |
|-----------------|----------|--------|------------------|----------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 0 | 1 | |
| 3 | 0 | 1 | 1 | |
| 4 | 1 | 1 | 1 | |
| 5 | 1 | 1 | 1 | |
| 6 | 1 | 1 | 1 | |
| 7 | 1 | 1 | 1 | |
| 8 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 0 | 1 | 1 | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | |
| 11 | 1 | 1 | 1 | |
| Suma | 8 | 9 | 10 | Promedio |
| % confiabilidad | 72.73% | 81.82% | 90.91% | 81.82% |

**Nota: Se utilizó el cálculo 19 para el índice de confiabilidad de cada aspecto.*

Tabla 20 Tiempo encendido del motor a distintas revoluciones

| | 2200 | | 2700 | | 3200 | |
|----------|------------|--|------------|--|------------|--|
| | Flujo aire | Tiempo encendido (min) $\pm 0.001\text{min}$ | Flujo aire | Tiempo encendido (min) $\pm 0.001\text{min}$ | Flujo Aire | Tiempo encendido (min) $\pm 0.001\text{min}$ |
| 1 | 1.120 | 2.642 | 2.010 | 1.883 | 2.100 | 1.506 |
| 2 | 1.180 | 2.680 | 1.980 | 1.972 | 2.050 | 1.728 |
| 3 | 1.160 | 2.611 | 2.010 | 1.920 | 2.120 | 1.624 |
| Promedio | 1.153 | 2.644 | 2.000 | 1.925 | 2.090 | 1.619 |

Tabla 21 Condiciones de operación del Motor Honda GX-120 a 2200 RPM y pieza de 1 1/4

| Característica | Cantidad |
|--|-----------------------------------|
| Relación aire-hidrógeno (kg/kg) a utilizar | 32.21 |
| Presión de hidrógeno | 128,932 Pa (4 psi) |
| Presión de aire | Atmosférica (99,100 – 100,000 Pa) |
| Flujo másico de hidrógeno | 189.13 g/h |
| Flujo másico de aire | 6,091.3 g/h |
| Cantidad de hidrógeno en tanque | ~10 g |

Tabla 22 Cantidad de agua bombeada a distintas revoluciones del motor Honda GX-120, utilizando la bomba Honda WB20XT

| Bombeo a 2200 RPM (m ³) | Bombeo a 2700 RPM (m ³) | Bombeo a 3200 RPM (m ³) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 0.661069 | 0.48124 | 0.404778 |

*Nota: Para este cálculo se utilizaron las curvas características del Gráfico 3 utilizando una cabeza de 25m y el cálculo

Tabla 23 - Nivel educativo de los sujetos que conformaron la muestra.

| No. | Sujetos de investigación | Edad | Nivel académico |
|-----|--------------------------|---------|-----------------|
| 1 | Sujeto 11 | 24 años | 2do primaria |
| 2 | Sujeto 3 | 52 años | 2do primaria |
| 3 | Sujeto 4 | 37 años | 2do primaria |
| 4 | Sujeto 5 | 27 años | 3ro primaria |
| 5 | Sujeto 8 | 24 años | 3ro primaria |
| 6 | Sujeto 9 | 20 años | 3ro primaria |
| 7 | Sujeto 10 | 23 años | 3ro primaria |
| 8 | Sujeto 2 | 25 años | 5to primaria |
| 9 | Sujeto 1 | 25 años | 5to primaria |
| 10 | Sujeto 6 | 23 años | 5to primaria |
| 11 | Sujeto 7 | 20 años | 5to primaria |

Gráfico 16 Resultados de la prueba de Razonamiento Abstracto Puntaje Estándar

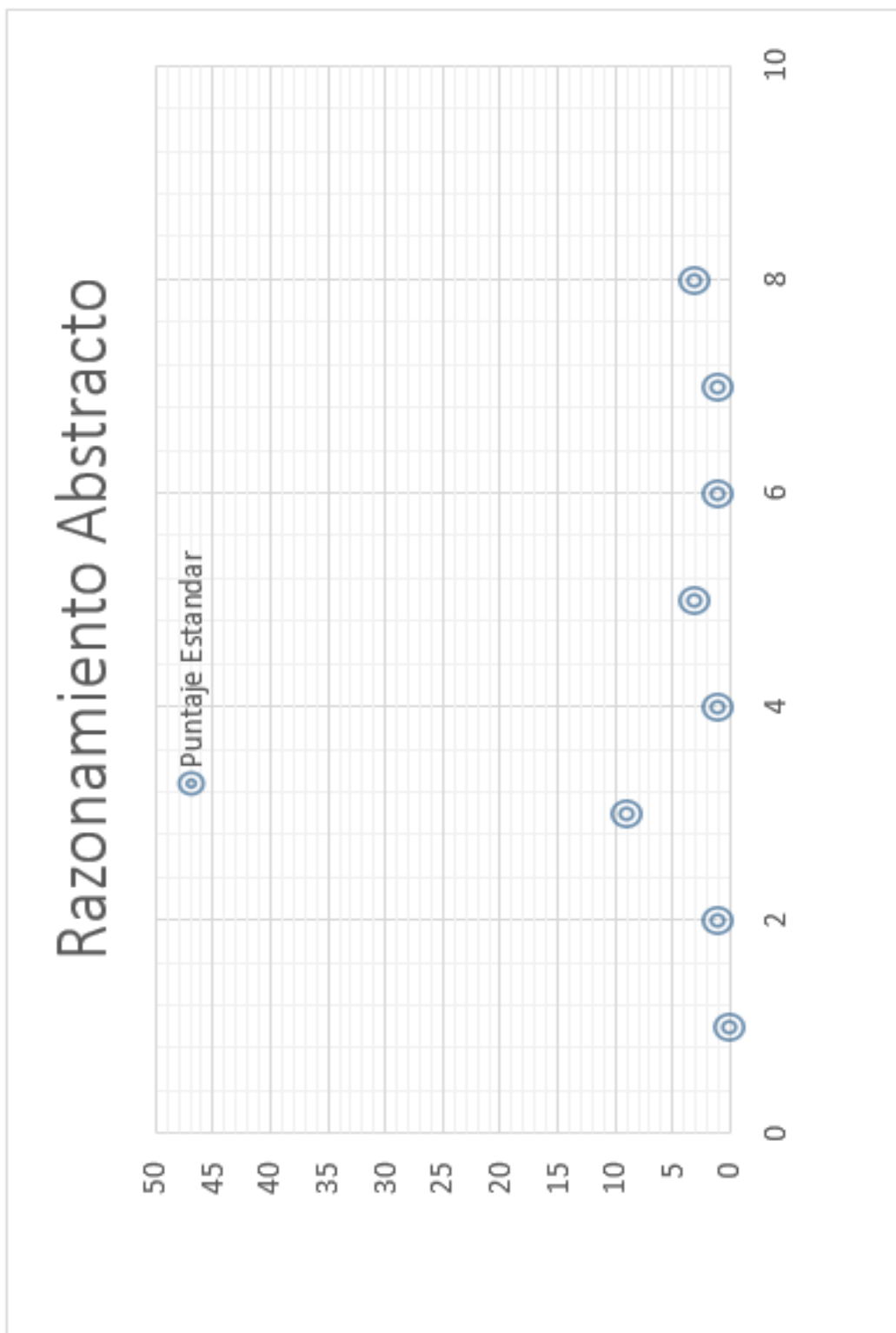


Gráfico 17: Resultados de la prueba de Razonamiento Abstracto
Percentil

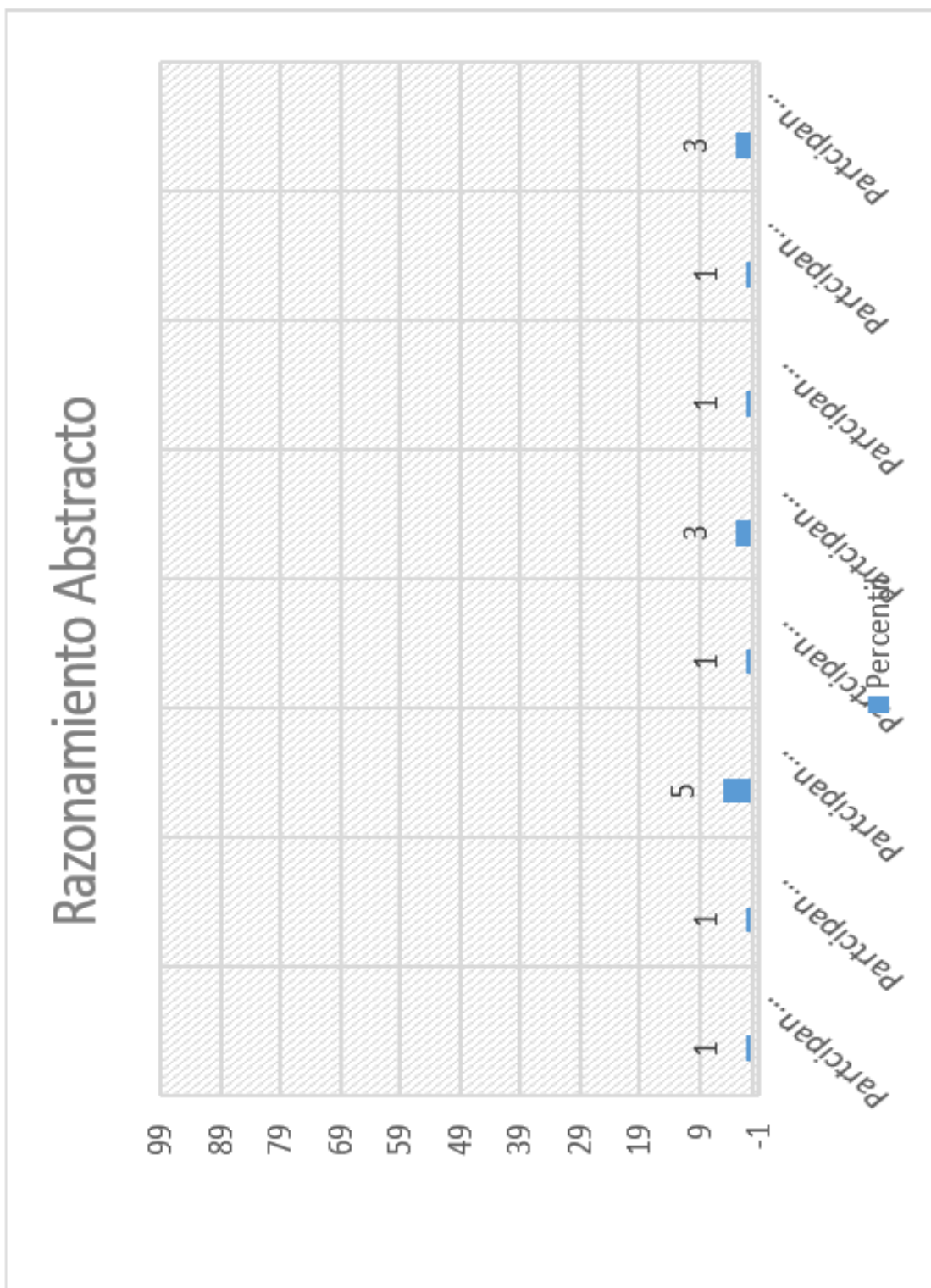


Gráfico 18: Resultados de la prueba de Relaciones Espaciales Puntaje Estándar

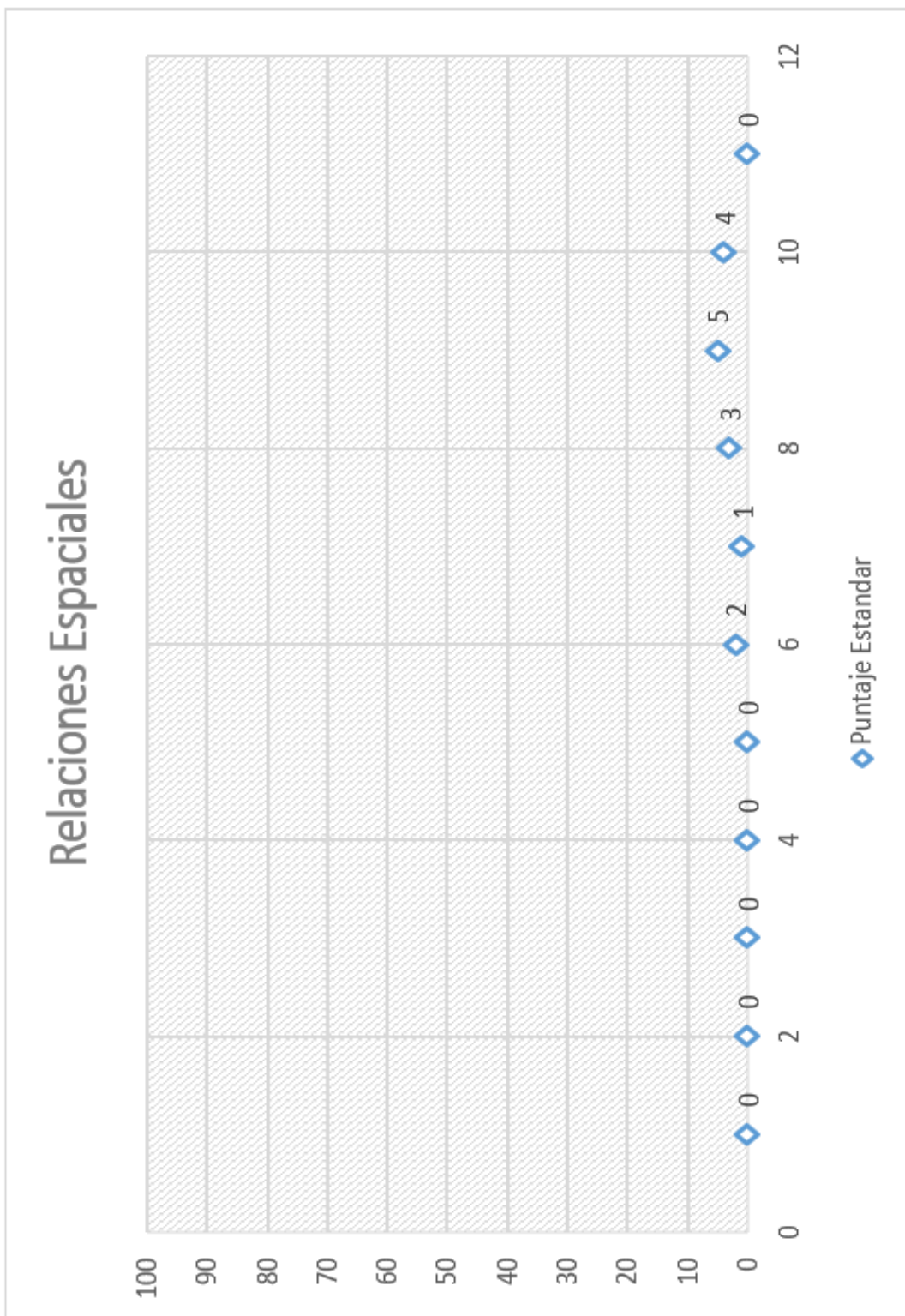


Gráfico 19: Resultados de la prueba de Relaciones Espaciales Percentil

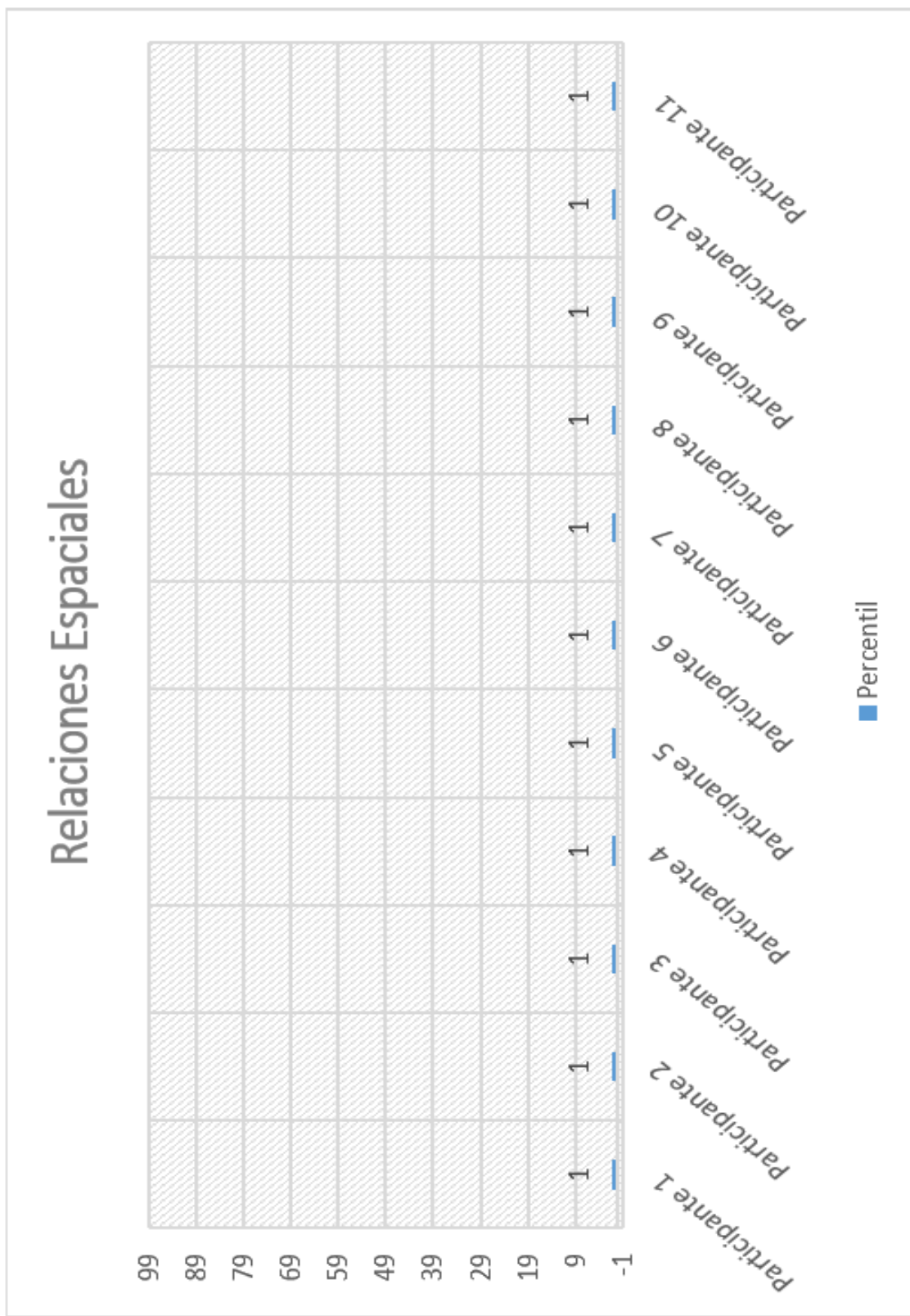


Gráfico 20: Resultados de la prueba de Razonamiento Mecánico Puntaje Estándar

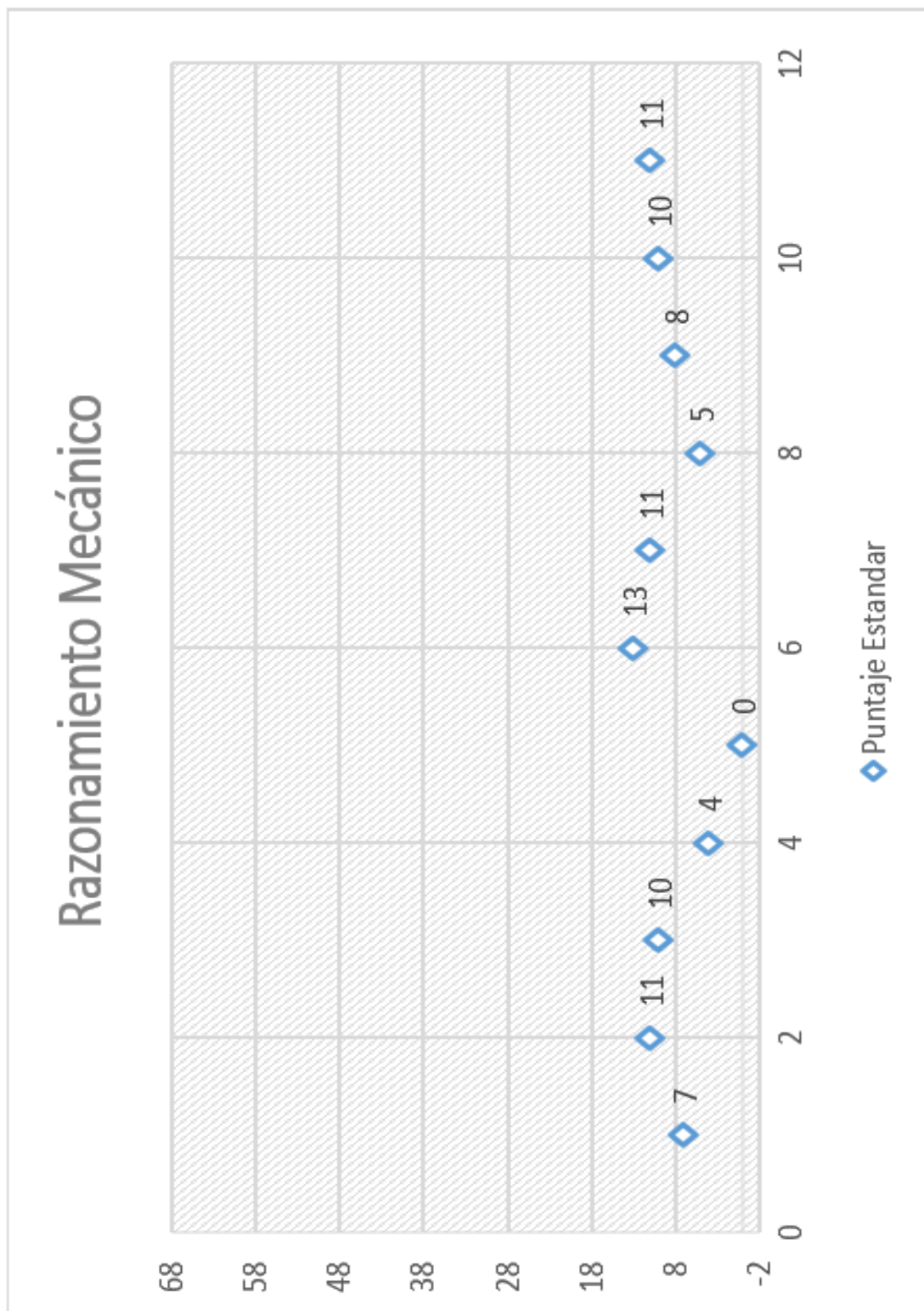


Gráfico 21: Resultados de la prueba de Razonamiento Mecánico Percentil

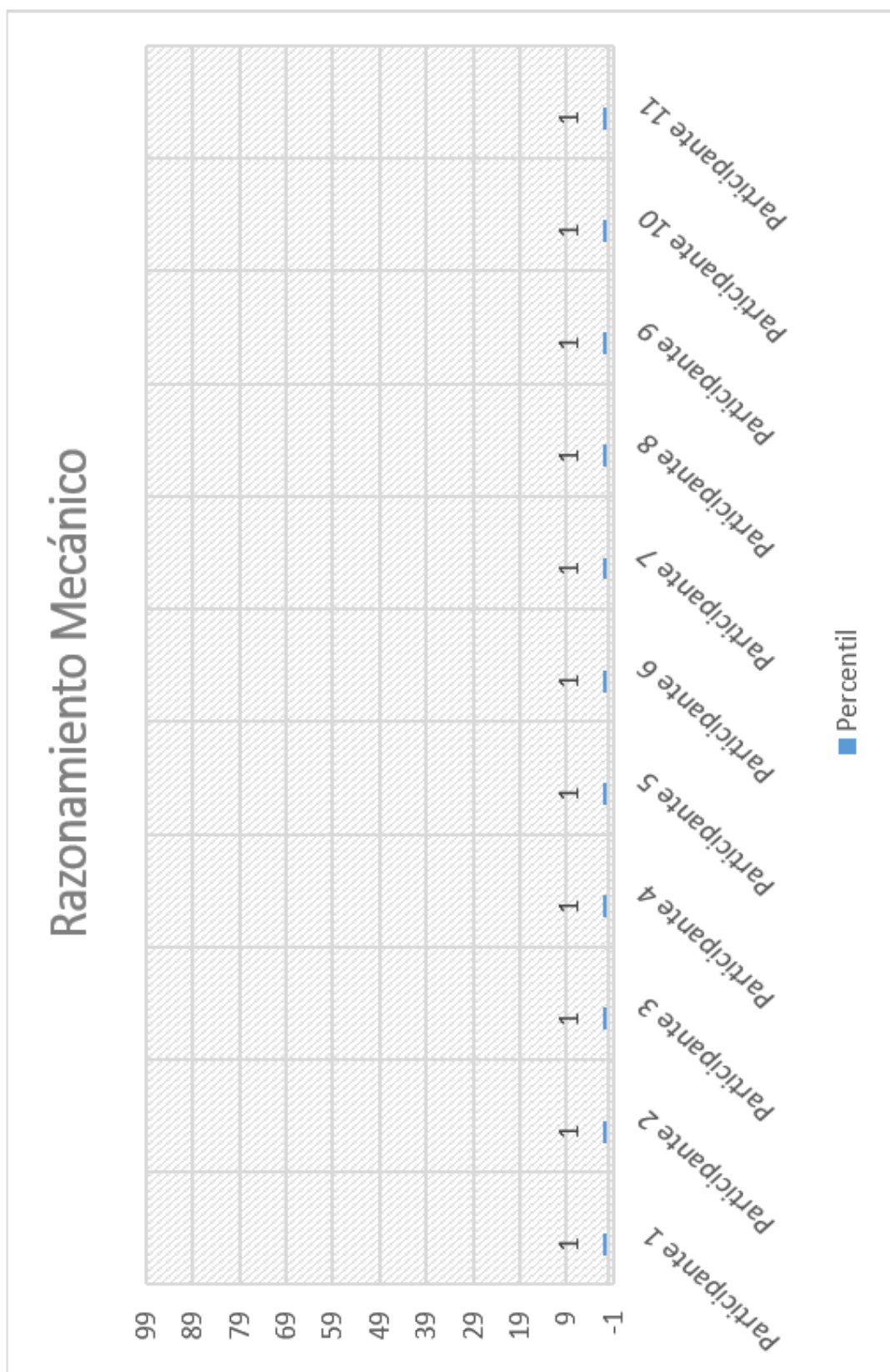


Gráfico 22: Resultados de la prueba de Velocidad y Exactitud Punteo

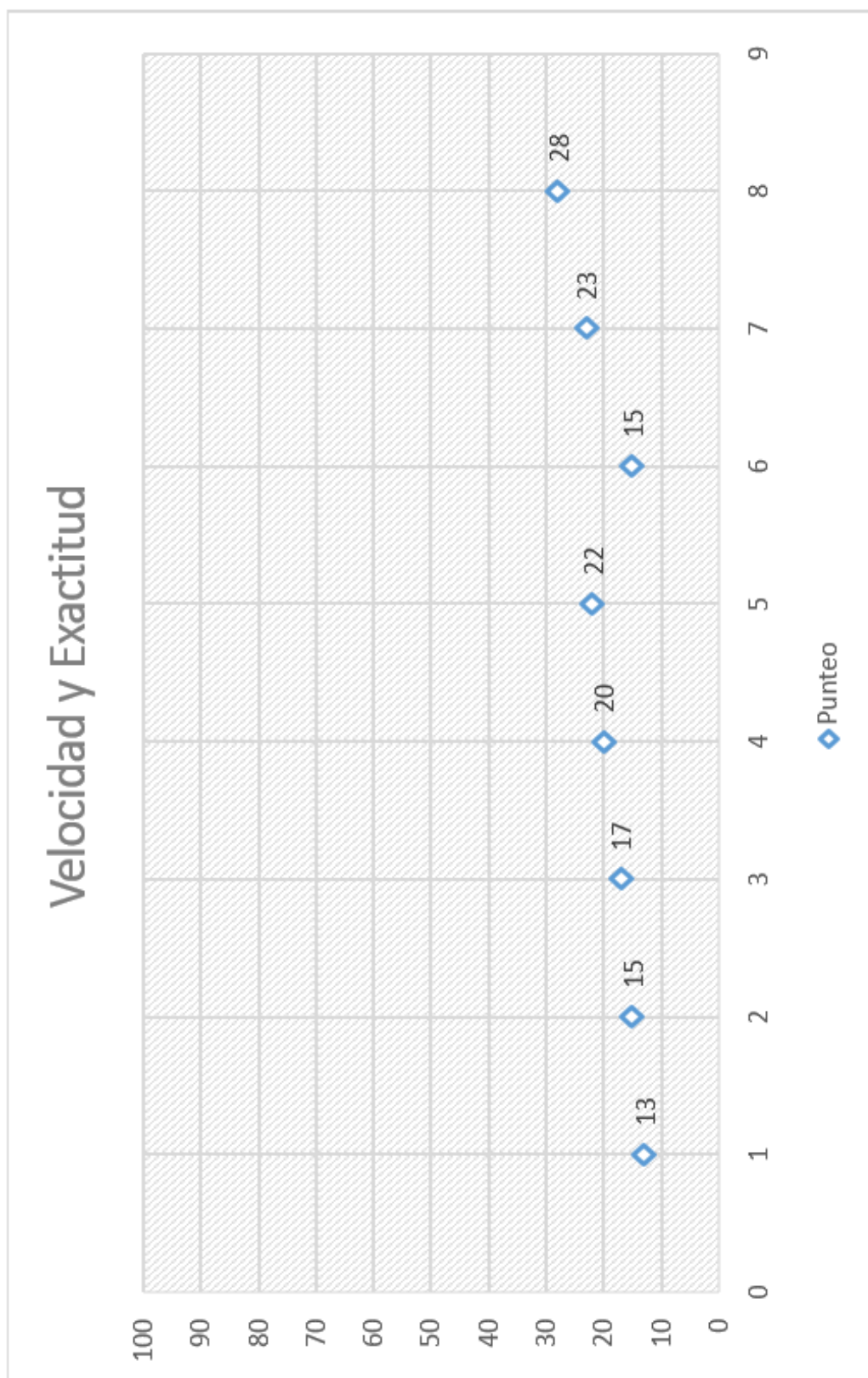


Gráfico 23: Resultados de la prueba de Velocidad y Exactitud Percentil

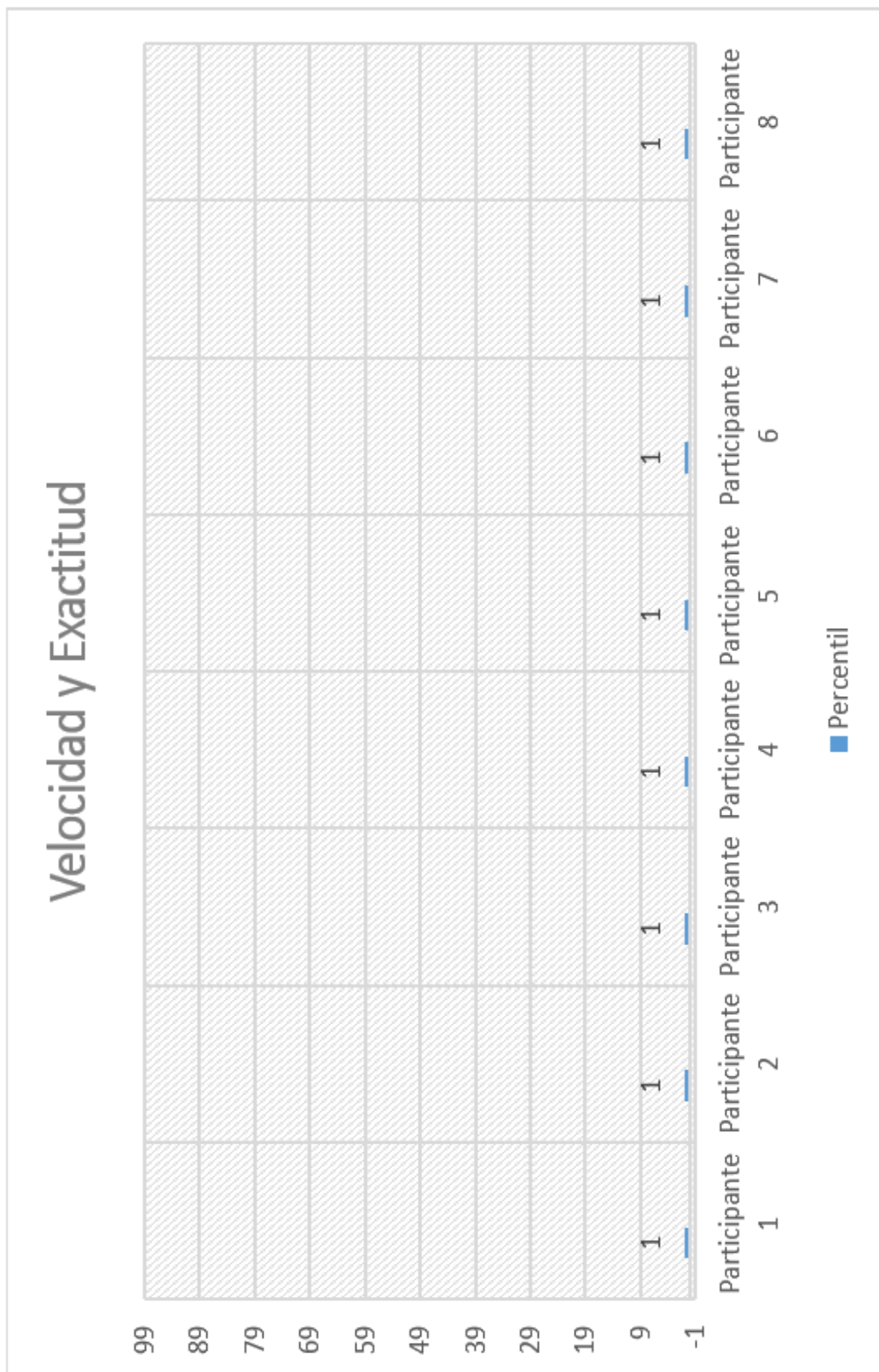


Gráfico 24 Porcentaje Global

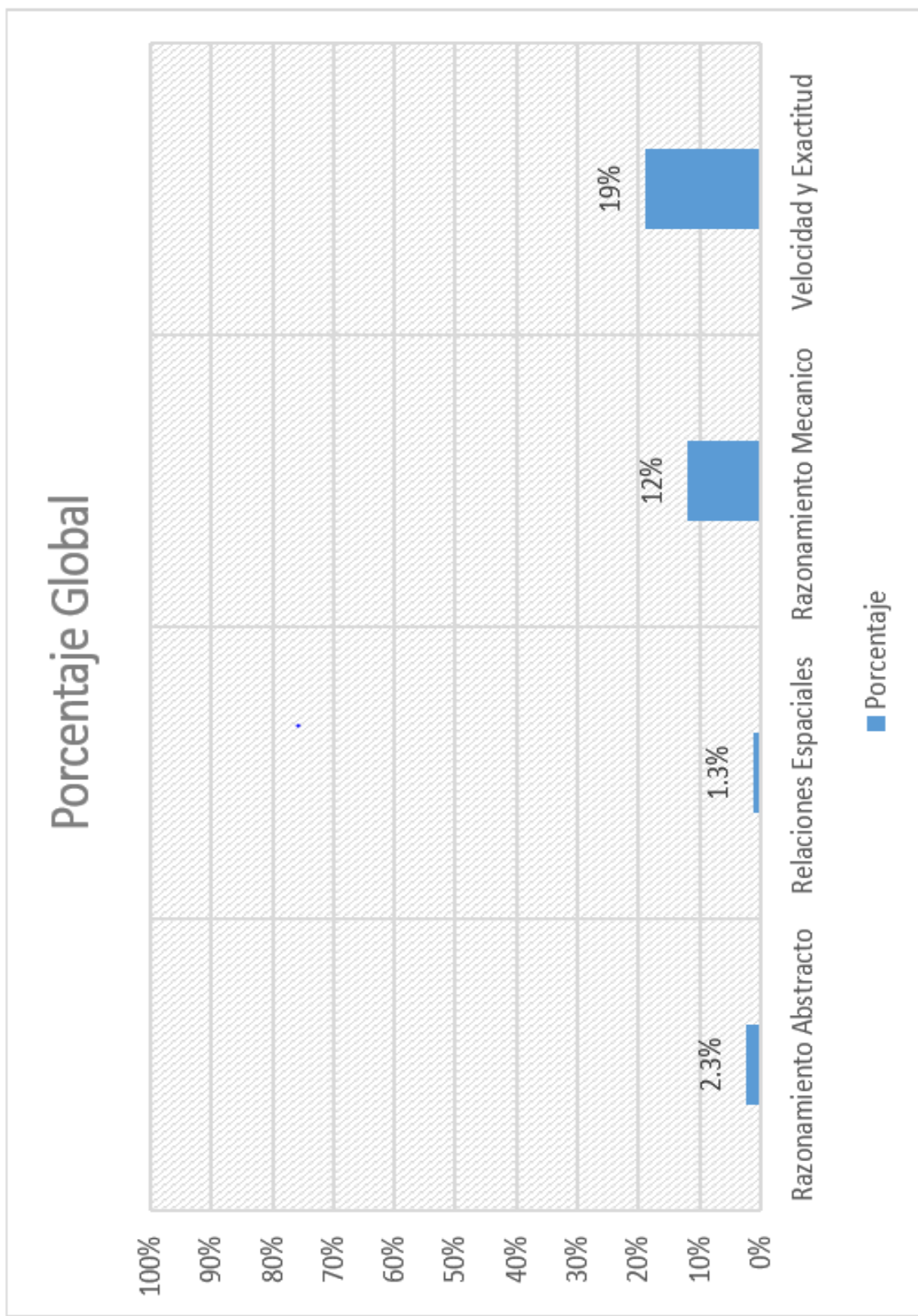


Figura 23 Imágenes del manual realizado (parte 1)

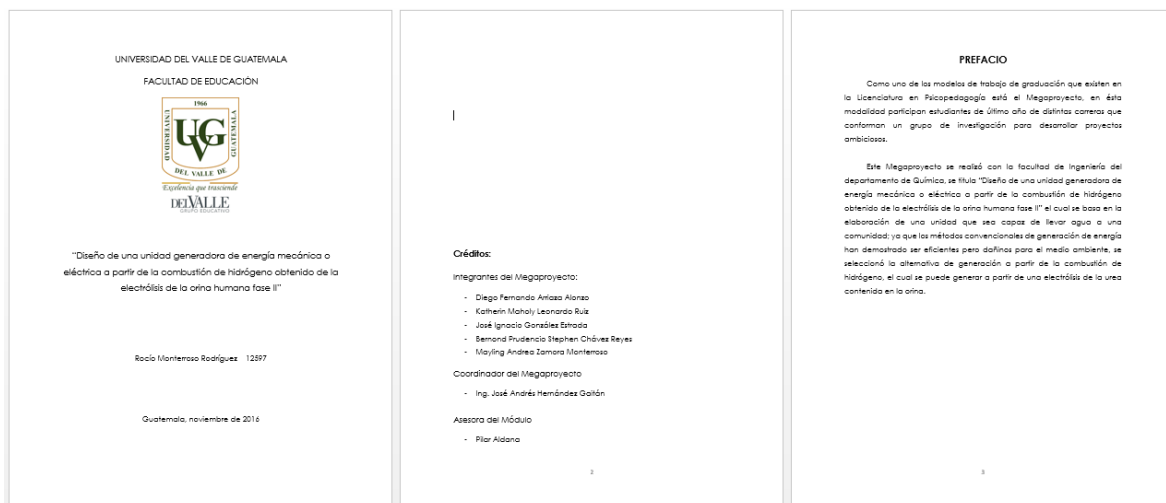


Figura 24 Imágenes del manual realizado (parte 2)

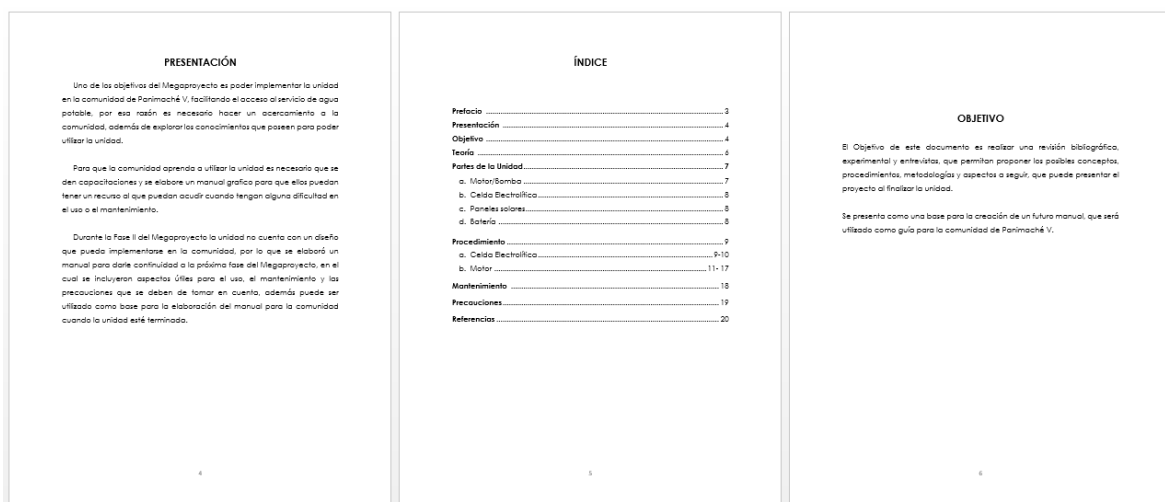


Figura 25 Imágenes del manual realizado (parte 3)

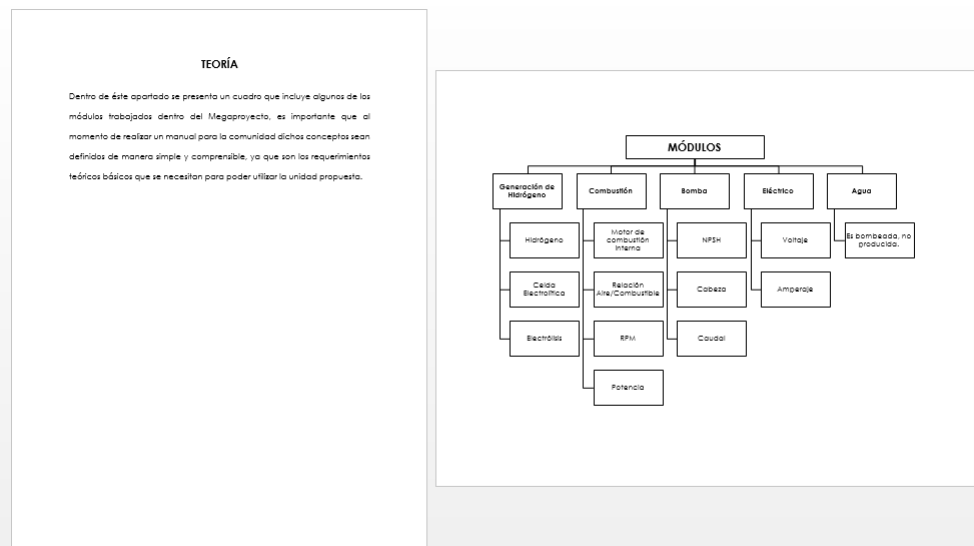


Figura 26 Imágenes del manual realizado (parte 4)

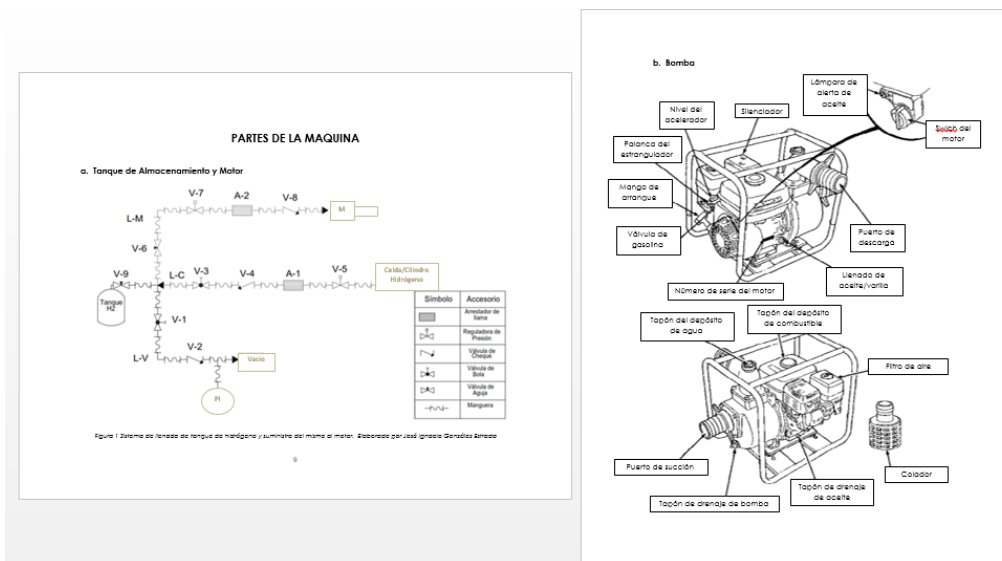


Figura 27 Imágenes del manual realizado (parte 5)

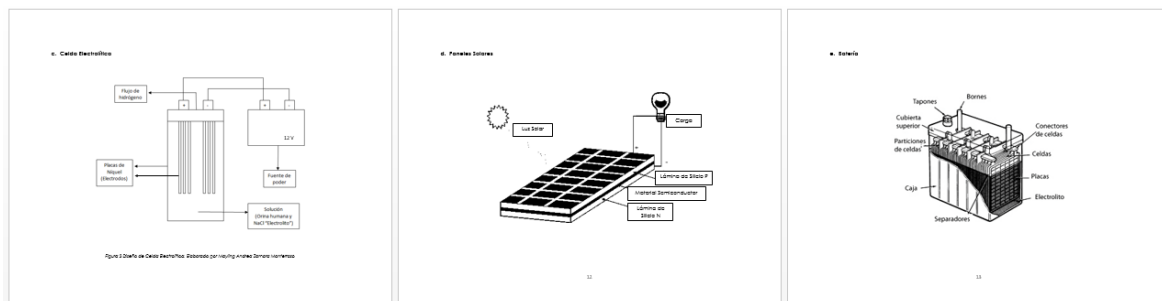


Figura 28 Imágenes del manual realizado (parte 6)

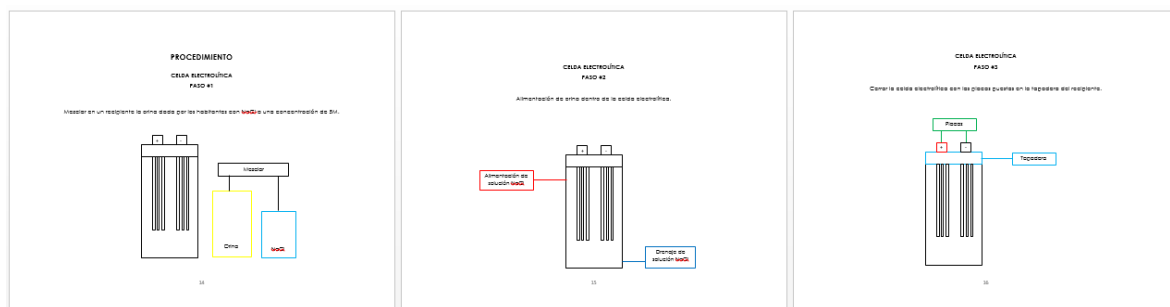


Figura 29 Imágenes del manual realizado (parte 7)



Figura 30 Imágenes del manual realizado (parte 8)

MANTENIMIENTO

a. Honda VTX 20 (Bomba y Motor):

| PERIODO DE SERVICIO REGULAR (2) | Cada 1000 millas | Primer mes | Cada 3 meses | Cada 6 meses | Cada año | Completado |
|---|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Elaborado a cada intervalo de 1000 millas de funcionamiento, lo que siempre ocurra. | | | | | | |
| ELEMENTO | | | | | | |
| Acople de motor | Comprobar el nivel | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | 1 |
| Acople de la caja de cambios | Comprobar el nivel | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | 8 |
| Espejo retrovisor | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | 10 |
| Filtro de aire | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | 10 |
| Tapa de lubricante | Limpieza | Limpieza | Limpieza | Limpieza | Limpieza | 11 |
| Agua | Comprobar el nivel | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | 12 |
| Pantallas | Limpieza | Limpieza | Limpieza | Limpieza | Limpieza | 13 |
| Velocidad de rotación | Comprobar el nivel | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | 13 |
| Módulo de combustible | Comprobar el nivel | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Manual de taller |
| Cámara de combustión | Limpieza | Después de cada 300 horas (2) | Después de cada 300 horas (2) | Después de cada 300 horas (2) | Después de cada 300 horas (2) | Manual de taller |
| Bombas y filtros de combustible | Limpieza | Limpieza | Limpieza | Limpieza | Limpieza | Manual de taller |
| Tubo de combustible | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Comprobar | Manual de taller |

• Solo el tipo con carburador de ventilación interna de flujo.

• Tipo ciclónico cada 2 meses o 150 horas.

TIPO DE CARBURADOR DE VENTILACIÓN INTERNA

TUBO DEL RESPIRADERO

TIPO ESTÁNDAR

TUBO DEL RESPIRADERO

RETENEDOR DEL TUBO

• Reemplaza solo el tipo de elemento de papel.

• Tipo ciclónico cada 2 años o 400 horas.

(1) Efectúa el servicio con más frecuencia cuando lo utilice en zonas polvorientas.

(2) El servicio de estas partes deberá realizarlo su concesionario de servicio, a menos que usted disponga de las herramientas adecuadas y posea suficientes conocimientos mecánicos. Consulte el manual de taller Honda para ver los procedimientos de servicio.

(3) Para aplicaciones comerciales, registre las horas de funcionamiento para determinar los intervalos apropiados para el mantenimiento.

Si no sigue este programa de mantenimiento pueden producirse fallas que no entran en la garantía.

b. Coche Estreñido:

| TIPO DE MANTENIMIENTO | EXPERIMENTAL | UNIDAD |
|------------------------|--------------|--------------|
| Cambio de pistones | 30 min | Parcialmente |
| Cambio de electrodo | 10 pruebas | Parcialmente |
| Pruebas de una batería | Limpieza | Parcialmente |

Es necesario que se determine un mantenimiento específico de las unidades en el momento que está homologada.

Figura 31 Imágenes del manual realizado (parte 9)

SEGURIDAD

a. H₂ - El manual se registró según la norma AIAA Q-095-2004

- La inflamabilidad se ve afectada por la temperatura, la presión, y la presencia de otros gases. Por lo cual no es recomendable dejar ningún recipiente que contenga H₂ en zonas calientes ni con luz directa al sol.
- La inflamabilidad está influenciada por la fuerza y el tipo de la fuente de ignición. Al transportar un recipiente que almacene H₂, se debe tener mucha cuidado de no golpearlo y asegurarse de que no esté ninguna fuente de ignición cerca.
- Los procesos de hidrógeno exotérmico implican frentes de llama, ya sea como una llama de fuego simple, una deflagración, o como una detonación.
 - Los incendios de hidrógeno, no se intentan extinguir hasta que la alimentación de hidrógeno se ha cerrado ya que siempre existe el riesgo de re-ignición o explosión. Por lo que se debe de conocer los tipos de llama.
- Si bien los peligros de combustión pueden incluir eventos tales como llamas abiertas, deflagración y detonación la experiencia ha demostrado que el fuego es más probable, seguido de deflagración, con la detonación el resultado es el menos propenso. (ANSI/AIAA Q-095-2004).
- Evitar flamas cercanas al hidrógeno.
- Los aparatos tecnológicos deben de estar alejados del hidrógeno. (Incluyendo celulares, computadoras, calculadoras, relojes, etc.)

b. Motor:

- No colocar nada sobre el motor, ya que puede crear un peligro de incendio.
- El silenciador se calienta mucho durante el funcionamiento y permanece caliente durante un rato después de haber parado el motor. Por lo que no se debe de tocar el silenciador cuando esté caliente. Para evitar graves quemaduras o incendios, se debe esperar que se enfíe el motor antes de transportarlo o guardarlo en interiores.
- No hacer funcionar el motor en el filtro de aire. Resultará en un rápido desgaste del motor.
- El gas de escape de carbono es tóxico. Su inhalación puede causar la pérdida del sentido y provocar incluso la muerte.
- Debe de tenerse cuidado con ropa suelta o cabello largo que pueda enredarse en el eje.

FUENTES DE CONSULTA

AIAA. Guide to Safety of Hydrogen and Hydrogen Systems. ANSI/AIAA Q-095-2004. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 2004. <https://doi.org/10.2514/6.2004-1117>

<https://doi.org/10.2514/6.2004-1117>

Motor HONDA GX. (2016). <https://www.honda.com/gx>. Disponible en: <https://www.honda.com/gx>

Manual de Proprietario. (2016). (En línea) Disponible en: <https://www.honda.com/gx>

Gráfico 25 Validación para el manual

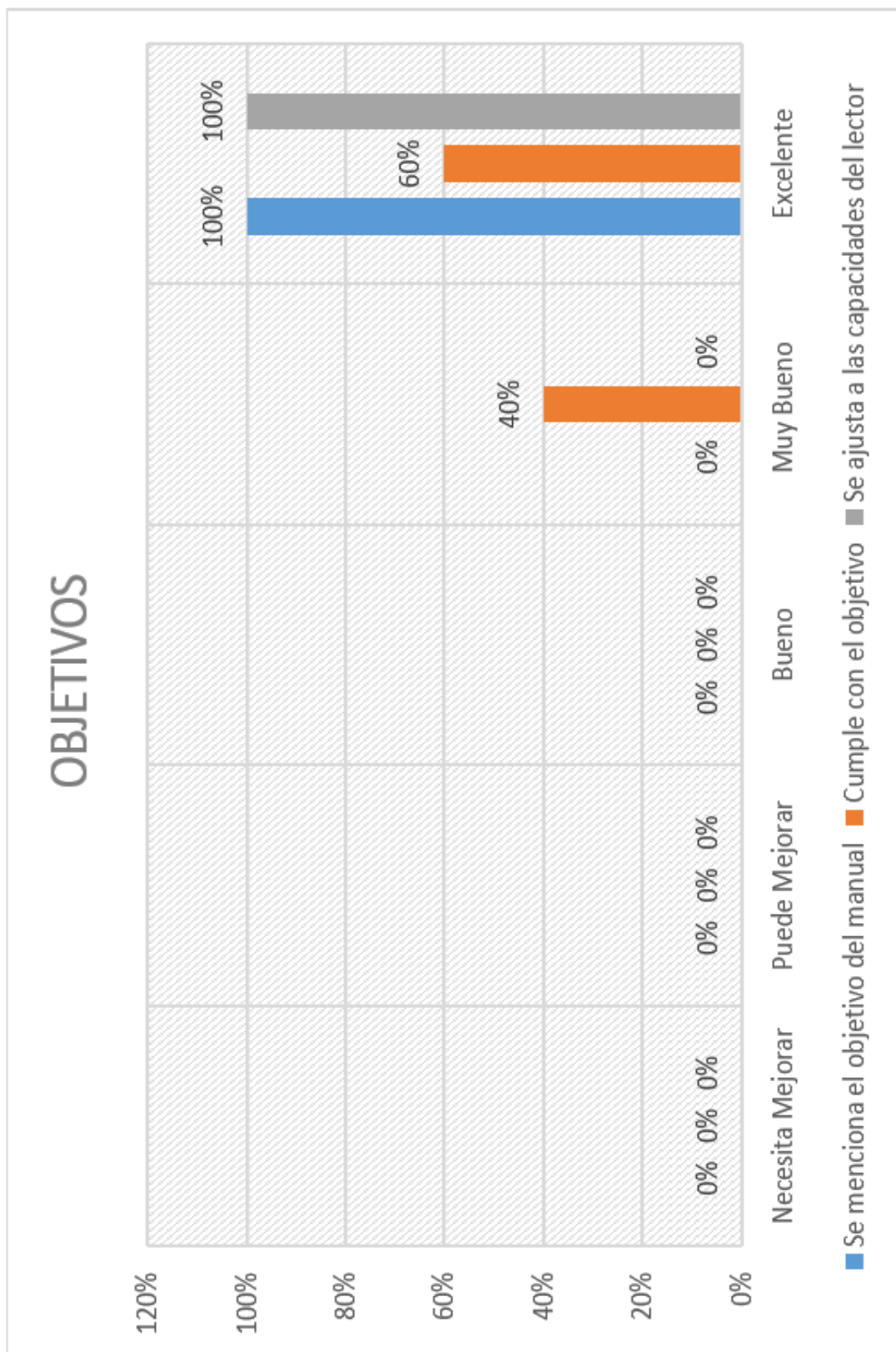


Gráfico 26 Validación del manual realizado

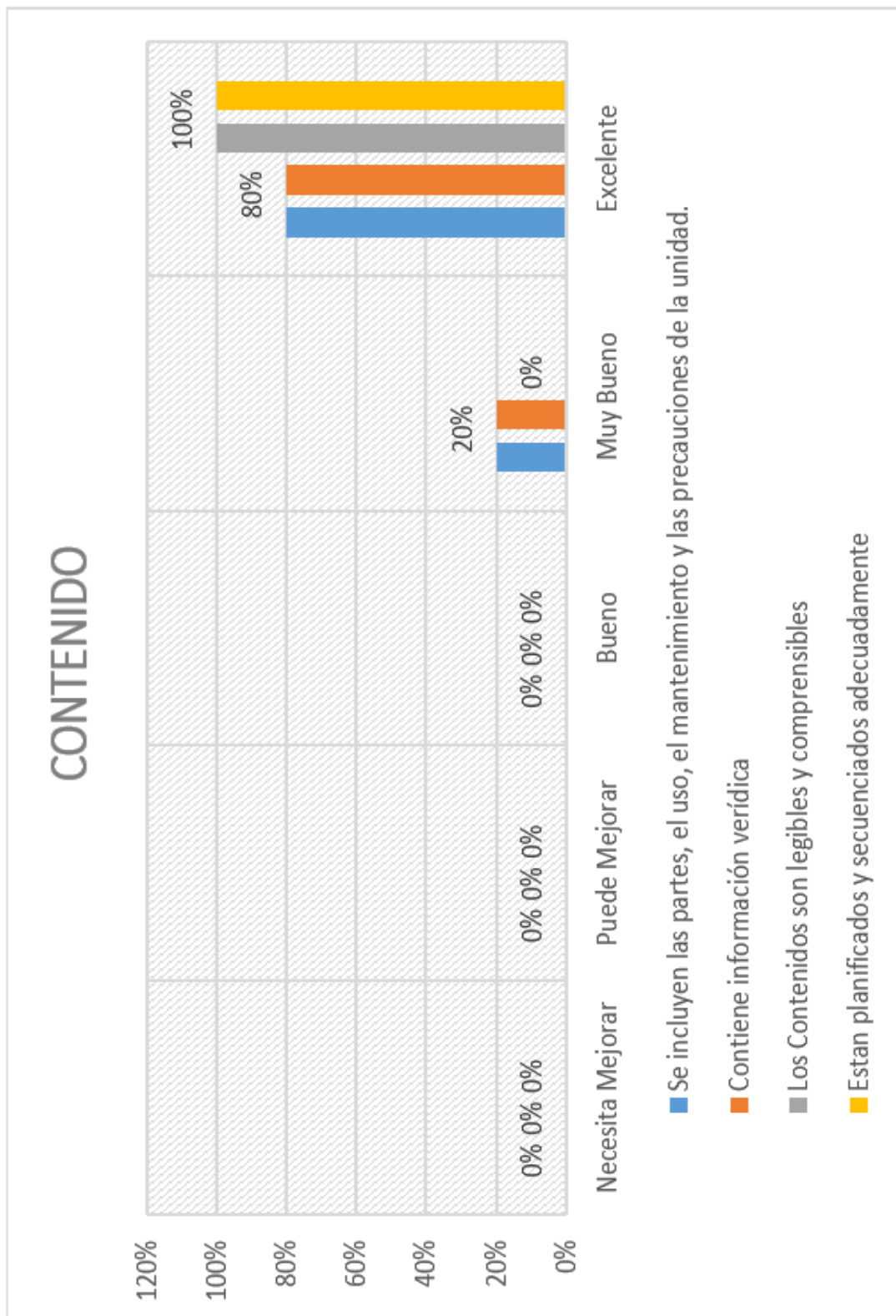


Gráfico 27 Validación del manual realizado

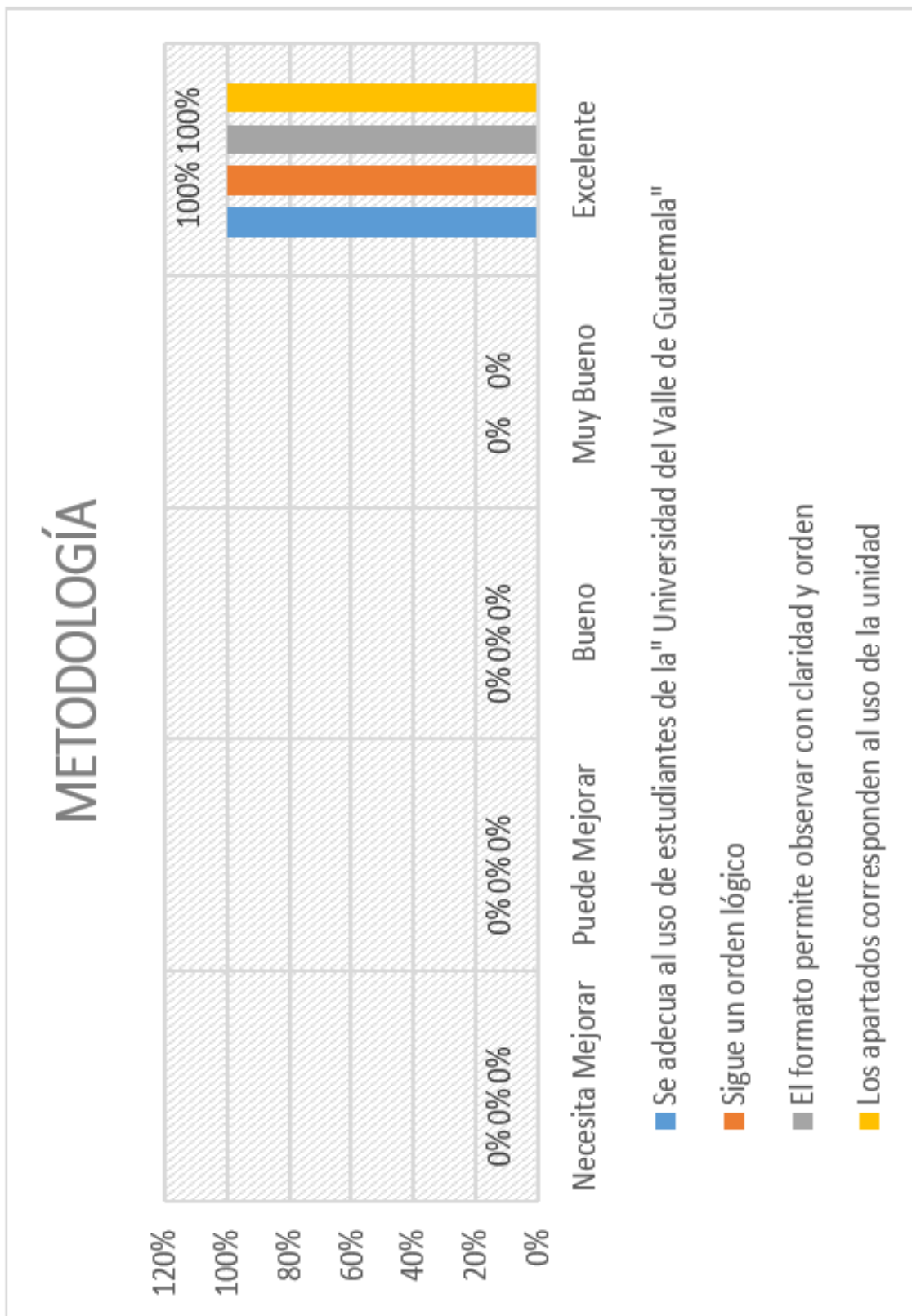


Gráfico 28 Validación del manual realizado

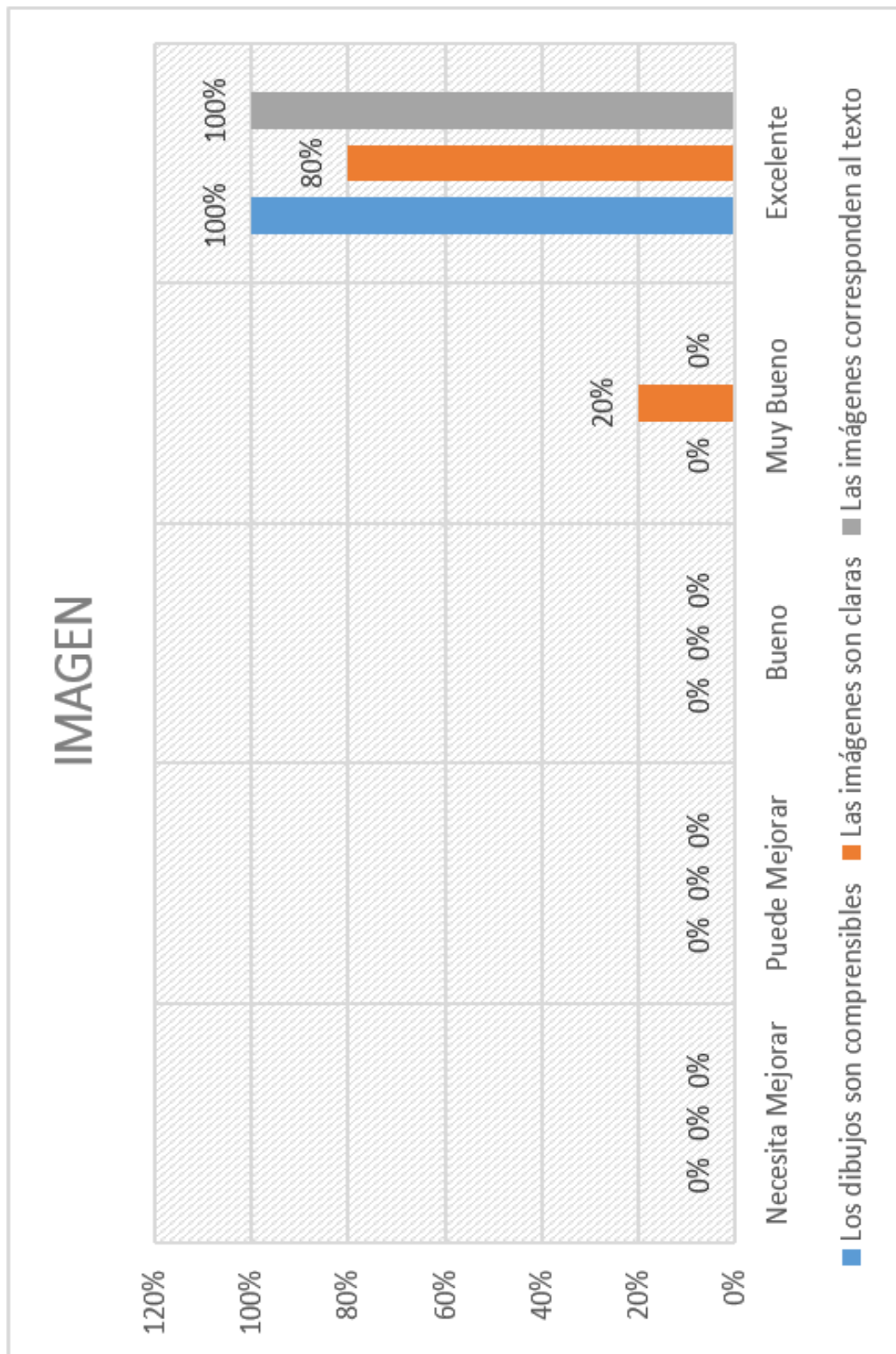


Gráfico 29 Validación de la estructura del manual realizado

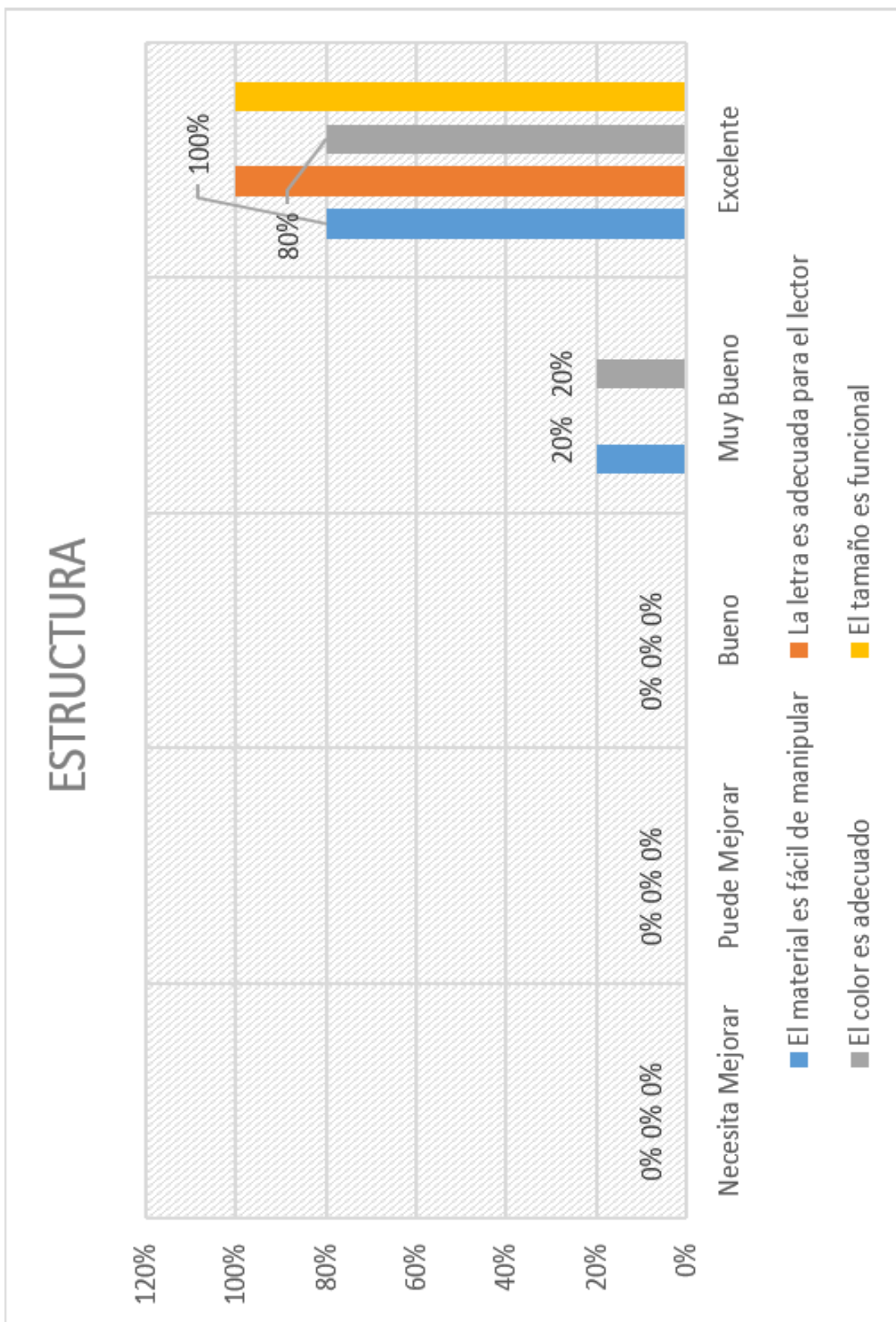


Tabla 24 Riesgos de cada módulo

| Estudiante | Módulo | Riesgos |
|-------------------|--|--|
| Mayling Zamora | Ingeniería Química | La utilización de hidróxido de potasio es un riesgo en las pruebas de Megaproyecto. |
| José González | Ingeniería Química | Atraso en adquisición de materiales Quick - connect. Si entra aire al tanque y además sube la temperatura del mismo, existe el riesgo a que este explote. Riesgo en armazón del sistema (que sucedan fugas o que se arruine alguna pieza del sistema). |
| Bernond Chavez | Ingeniería Mecánica | Disponibilidad y adquisición de material para trabajar el freno prony. Disponibilidad de taller para poder trabajar. |
| Rocío Monterroso. | Psicopedagogía | Poca colaboración de los miembros de la comunidad a acceder a entrevistas y grupos focales. |
| Maholy Ruíz | Psicopedagogía | Poca colaboración de los miembros de la comunidad a acceder a entrevistas y grupos focales. |
| Diego Arriaza | Ingeniería en Ciencia de la Administración | No lograr obtener todos los costos de la unidad en desarrollo. Perder el control en la organización de los módulos. |
| Todos | Todos | Que haya atrasos significativos en el cumplimiento de metas. |

Figura 32 Cronograma de la estudiante de Ingeniería Química, Mayling Zamora

| Actividad | oct-15 | nov-15 | ene-16 | feb-16 | mar-16 | abr-16 | may-16 | jun-16 | jul-16 | ago-16 | sep-16 | oct-16 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Balance energético línea base | | | | | | | | | | | | |
| Balance energético línea base | | | | | | | | | | | | |
| Investigación de procesos y celda línea base | | | | | | | | | | | | |
| Investigación de procesos y celda | | | | | | | | | | | | |
| Determinar una metodología de trabajo línea base | | | | | | | | | | | | |
| Determinar una metodología de trabajo | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de prototipo línea base | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas de hidrógeno (en lugar de Elaboración de prototipo) | | | | | | | | | | | | |
| Definir diseño y materiales línea base | | | | | | | | | | | | |
| Definir diseño y materiales (modificada) | | | | | | | | | | | | |
| Cálculos finales línea base | | | | | | | | | | | | |
| Cálculos finales (modificada) | | | | | | | | | | | | |

Nota: En esta sección se muestran los cronogramas de cada uno de los estudiantes, siendo el gris (línea base), verde (actividad realizada), azul (actividad modificada) y naranja (actividad agregada).

Figura 33 Cronograma del estudiante de Ingeniería Química, José González

| Actividad | oct-15 | nov-15 | ene-16 | feb-16 | mar-16 | abr-16 | may-16 | jun-16 | jul-16 | ago-16 | sep-16 | oct-16 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cálculos previos línea base | | | | | | | | | | | | |
| Cálculos previos | | | | | | | | | | | | |
| Mediciones del motor antes de elaborar la pieza de acople línea base | | | | | | | | | | | | |
| Selección de tanque de suministro de hidrógeno línea base | | | | | | | | | | | | |
| Selección de tanque de suministro de hidrógeno | | | | | | | | | | | | |
| Establecer método de inyección línea base | | | | | | | | | | | | |
| Establecer método de inyección | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas de hidrógeno línea base | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas de hidrógeno | | | | | | | | | | | | |
| Cálculos finales línea base | | | | | | | | | | | | |
| Cálculos finales | | | | | | | | | | | | |
| Investigación sobre el hidrógeno y arrestador de llama | | | | | | | | | | | | |
| Búsqueda de Materiales y riesgos | | | | | | | | | | | | |
| Adquisición de Materiales para el tanque y Manifold de pruebas | | | | | | | | | | | | |

Nota: En esta sección se muestran los cronogramas de cada uno de los estudiantes, siendo el gris (línea base), verde (actividad realizada), azul (actividad modificada) y naranja (actividad agregada).

Figura 34 Primer cronograma del estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez

| Actividad | oct-15 | nov-15 | ene-16 | feb-16 | mar-16 | abr-16 | may-16 | jun-16 | jul-16 | ago-16 | sep-16 | oct-16 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Balance energético línea base | | | | | | | | | | | | |
| Balance energético | | | | | | | | | | | | |
| Listado de requerimientos de modificaciones a motor línea base | | | | | | | | | | | | |
| Realizar cálculos de eficiencia del motor línea base | | | | | | | | | | | | |
| Análisis del material del bloque del motor y modificaciones línea base | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de diseño línea base | | | | | | | | | | | | |

Nota: En esta sección se muestran los cronogramas de cada uno de los estudiantes, siendo el gris (línea base), verde (actividad realizada), azul (actividad modificada) y naranja (actividad agregada).

Figura 35 Segundo cronograma del estudiante de Ingeniería Mecánica

| Actividad | oct-15 | nov-15 | ene-16 | feb-16 | mar-16 | abr-16 | may-16 | jun-16 | jul-16 | ago-16 | sep-16 | oct-16 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Balance energético línea base | | | | | | | | | | | | |
| Balance energético | | | | | | | | | | | | |
| Estudio preliminar línea base | | | | | | | | | | | | |
| Estudio preliminar | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de requerimientos línea base | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de requerimientos | | | | | | | | | | | | |
| Banco de pruebas y Freno Prony línea base | | | | | | | | | | | | |
| Banco de pruebas y Freno Prony | | | | | | | | | | | | |
| Realizar pruebas línea base | | | | | | | | | | | | |
| Realizar pruebas | | | | | | | | | | | | |

Nota: En esta sección se muestran los cronogramas de cada uno de los estudiantes, siendo el gris (línea base), verde (actividad realizada), azul (actividad modificada) y naranja (actividad agregada).

Figura 36 Cronograma de las estudiantes de Psicopedagogía, Rocío Monterroso y Maholy Ruíz

| Realizado por: | Actividad | oct-15 | nov-15 | ene-16 | feb-16 | mar-16 | abr-16 | may-16 | jun-16 | jul-16 | ago-16 | sep-16 |
|----------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ambas | Investigación previa línea base | | | | | | | | | | | |
| Ambas | Investigación previa | | | | | | | | | | | |
| Ambas | Conocimiento de las barreras culturales línea base | | | | | | | | | | | |
| Ambas | Conocimiento de las barreras culturales | | | | | | | | | | | |
| Ambas | Visita a la Comunidad Línea base | | | | | | | | | | | |
| Ambas | Visita a la Comunidad | | | | | | | | | | | |
| Ambas | Conocer la unidad Línea base | | | | | | | | | | | |
| Ambas | Conocer la unidad | | | | | | | | | | | |
| Maholy | Plan para romper barreras culturales línea base | | | | | | | | | | | |
| Maholy | Línea base de la comunidad y unidad (en lugar de Plan para romper barreras culturales) | | | | | | | | | | | |
| Rocío | Capacitaciones línea base | | | | | | | | | | | |
| Rocío | Manual (en lugar de Capacitaciones) | | | | | | | | | | | |

Nota: En esta sección se muestran los cronogramas de cada uno de los estudiantes, siendo el gris (línea base), verde (actividad realizada), azul (actividad modificada) y naranja (actividad agregada).

Figura 37 Cronograma del estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración, Diego Arriaza

| Actividad | oct-15 | nov-15 | ene-16 | feb-16 | mar-16 | abr-16 | may-16 | jun-16 | jul-16 | ago-16 | sep-16 | oct-16 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cronograma línea base | | | | | | | | | | | | |
| Cronograma | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de cumplimiento de cronograma línea base | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de cumplimiento de cronograma | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de antecedentes de la comunidad línea base | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de antecedentes de la comunidad | | | | | | | | | | | | |
| Establecer costos línea base | | | | | | | | | | | | |
| Establecer costos | | | | | | | | | | | | |
| Visita a la comunidad línea base | | | | | | | | | | | | |
| Visita línea base | | | | | | | | | | | | |
| Informe de visita línea base | | | | | | | | | | | | |
| Análisis Costo-Beneficio línea base | | | | | | | | | | | | |
| Análisis Costo - Eficacia (en lugar de Costo-Beneficio) | | | | | | | | | | | | |
| Modificaciones a cronogramas | | | | | | | | | | | | |
| Segunda visita a la comunidad | | | | | | | | | | | | |

Nota: En esta sección se muestran los cronogramas de cada uno de los estudiantes, siendo el gris (línea base), verde (actividad realizada), azul (actividad modificada) y naranja (actividad agregada).

Tabla 25 - Cambio de objetivos de los módulos

| Estudiante | Primer objetivo | Objetivo final | Justificación del cambio |
|---|--|--|--|
| Mayling Zamora, estudiante de Ing. Química. | Diseñar un prototipo de una celda electrolítica continua para la producción de hidrógeno a partir de la electrólisis de urea humana, para facilitar el acceso al agua a una comunidad de bajos recursos. | Diseñar un prototipo de una celda electrolítica que opere con la orina humana utilizando un electrolito que sea de fácil acceso y que no sea tóxico, para facilitar la producción de hidrógeno. | Se realizó el cambio de la celda continúa debido a que se encontró otro modelo más conveniente. La instalación se eliminó del objetivo, pues no se llevaría a cabo en esta fase. |
| José González, estudiante de Ing. Química | Establecer las condiciones mínimas de operación, para mantener un motor Honda GX – 120 en ralentí, evitando un retraso de llama y asegurando un flujo constante de hidrógeno. | Asegurar la confiabilidad del funcionamiento del motor Honda GX-120, utilizando un cilindro de almacenamiento de 20 lb a condiciones atmosféricas, como fuente de alimentación, evitando retrasos de llama y asegurando un flujo constante de hidrógeno. | Las condiciones mínimas de operación ya habían sido calculadas en la fase I del Megaproyecto. El cilindro de 20 lb se añadió porque es muy peligroso trabajar el hidrógeno a altas presiones por lo cual se necesitan usar condiciones atmosféricas. |

Continuación Tabla 25

| Estudiante | Primer objetivo | Objetivo final | Justificación del cambio |
|--|--|--|--|
| Rocío Monterroso, estudiante de Psicopedagogía | Realizar capacitaciones a los miembros de la comunidad sobre el uso de la unidad. | Diseñar una propuesta psicopedagógica que le permita a los integrantes de la comunidad de Panimache V conocer y utilizar la unidad que se implementará para que tengan un fácil acceso al agua. | Al no ser instalada la unidad, ya no fue posible realizar las capacitaciones. |
| Maholy Ruiz, estudiante de Psicopedagogía | Elaborar un plan que permita analizar las barreras culturales y determinar estrategias de como introducir la unidad en la comunidad. | Elaborar una línea base partiendo de los datos recopilados, seleccionando y organizándola detalladamente de tal forma que indiquen el nivel educativo de las personas de la comunidad y así poder comparar con el nivel que se requiere que tengan para el uso y manejo correcto de la unidad. | Se realizó al final una línea base de los conocimientos de las personas, pues la unidad ya no sería instalada en la comunidad. |

Continuación Tabla 25

| Estudiante | Primer objetivo | Objetivo final | Justificación del cambio |
|---|---|---|--|
| Diego Arriza estudiantes de Ciencia de la Administración | Evaluar el impacto económico de la instalación de la unidad en la comunidad Panimaché V y gestionar costos, tiempos, recursos e interesados del Megaproyecto. | Evaluar el impacto de la instalación de la unidad en la comunidad Panimaché V y gestionar costos, tiempos, recursos e interesados del Megaproyecto. | Cambia en el análisis del impacto, pues se pretendió analizar los beneficios económicos de la comunidad, pero luego de los resultados del Grupo Focal se concluye que no habrá beneficios económicos si se instala la unidad en la comunidad. Por lo tanto, se elige un análisis Costo-Eficacia para evaluar el impacto y factibilidad del proyecto. |

Tabla 26 - Sub - Actividades planificadas y realizadas

| Estudiante | Módulo | Total de Sub-actividades planeadas | Sub - actividades realizadas | Sub - actividades sustituidas y no realizadas | Índice de desempeño de planificación |
|--------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Mayling Zamora | Ingeniería Química | 21 | 15 | 7 | 71.43% |
| José González | Ingeniería Química | 31 | 21 | 10 | 67.74% |
| Bernond Chávez | Ingeniería Mecánica | 21 | 4 | 17 | 19.05% |
| Rocío Monterroso y Maholy Ruiz | Psicopedagogía | 18 | 12 | 6 | 66.66% |
| Diego Arriaza | Ingeniería en Ciencia de la Administración | 20 | 14 | 6 | 70.00% |

Tabla 27: Costos totales de materiales utilizados

| Estudiante | Módulo | Monto Total |
|----------------|---------------------|-------------|
| Mayling Zamora | Ingeniería Química | Q4,666.37 |
| José González | Ingeniería Química | Q27,914.60 |
| Bernond Chavez | Ingeniería Mecánica | Q3,832.33 |

Tabla 28: Costos de Recursos Humanos

| Estudiante | Módulo | Horas trabajadas | Salario por hora | Total |
|------------------|--|------------------|------------------|-----------|
| Mayling Zamora | Ingeniería Química | 169 | Q40.63 | Q6,866.47 |
| José González | Ingeniería Química | 174 | Q40.63 | Q7,069.62 |
| Bernond Chavez | Ingeniería Mecánica | 157 | Q50.00 | Q7,850.00 |
| Rocío Monterroso | Psicopedagogía | 125 | Q31.25 | Q3,906.25 |
| Maholy Ruiz | Psicopedagogía | 110 | Q31.25 | Q3,437.50 |
| Diego Arriaza | Ingeniería en Ciencia de la Administración | 140 | Q37.50 | Q5,250.00 |

Tabla 29: Costos totales de investigación

| Estudiante | Módulo | Materiales de investigación | RRHH | Total |
|------------------|--|-----------------------------|-----------|------------|
| Mayling Zamora | Ingeniería Química | Q4,666.37 | Q6,866.47 | Q11,532.84 |
| José González | Ingeniería Química | Q27,914.60 | Q7,069.62 | Q34,984.22 |
| Bernond Chavez | Ingeniería Mecánica | Q3,832.33 | Q7,850.00 | Q11,682.33 |
| Rocío Monterroso | Psicopedagogía | | Q3,906.25 | Q3,906.25 |
| Maholy Ruiz | Psicopedagogía | | Q3,437.50 | Q3,437.50 |
| Diego Arriaza | Ingeniería en Ciencia de la Administración | | Q5,250.00 | Q5,250.00 |

Nota: Los salarios de cada estudiante se obtuvieron con ayuda de los Directores de Carrera de cada Departamento. Estos luego se dividieron por las horas trabajadas de un profesional al mes que trabaja 8 horas al día, cinco veces a la semana, con el objetivo de poder estimar un salario por hora. TOTAL: Q70,793.14

Tabla 30: Costos y porcentaje de representación de los materiales de la Unidad Megaproyecto

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Combustión | Motor | Q2,474.63 | No hasta después de 10 años | -Q54.56 | 1.51% |
| | Aceite de motor | Q48.00 | 6 | -Q8.67 | 0.24% |
| | Aceite de la caja de reducción | Q48.00 | 6 | -Q8.67 | 0.24% |
| | Filtro de aire | Q59.99 | 12 | -Q4.47 | 0.12% |
| | Bujía | Q35.18 | 12 | -Q2.62 | 0.07% |
| | Bomba | Q3,217.50 | No hasta después de 10 años | -Q70.94 | 1.97% |
| | Aceite para bomba | Q48.00 | 6 | -Q8.67 | 0.24% |
| | Bujía para bomba | Q29.99 | 12 | -Q2.24 | 0.06% |
| | Tee 1 1/4" | Q58.00 | 60 | -Q1.79 | 0.05% |
| | Tee 1 1/2" | Q64.00 | 60 | -Q1.97 | 0.05% |
| | Reductores 3/8" a 1/4" de acero inox. | Q64.00 | 60 | -Q1.97 | 0.05% |
| | Reductor 1 1/4" a 3/8" de acero inox. | Q66.81 | 60 | -Q2.06 | 0.06% |

Continuación Tabla 30

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|------------|---|-------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Combustión | Reductor 1 1/2" a 3/8" de acero inox. | Q100.04 | 60 | -Q3.08 | 0.09% |
| | Reductores 3/4" a 1/4" de acero inox. | Q34.30 | 60 | -Q1.06 | 0.03% |
| | Placas de acero | Q146.00 | No hasta después de 10 años | -Q3.22 | 0.09% |
| | Piezas de adaptación al motor | Q1,200.00 | No hasta después de 10 años | -Q26.46 | 0.73% |
| | Carcasa de filtro | Q395.00 | No hasta después de 10 años | -Q8.71 | 0.24% |
| | Tanque de churrasquera | Q298.00 | No hasta después de 10 años | -Q6.57 | 0.18% |
| | Mangueras | Q150.00 | 60 | -Q4.62 | 0.13% |
| | Acoples Quick – Connect | Q884.00 | 60 | -Q27.24 | 0.76% |

Continuación Tabla 30

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|------------|--|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Combustión | Válvulas de bola 3/8" | Q156.00 | 60 | -Q4.81 | 0.13% |
| | Válvula de compuerta 1/4" de acero inox. | Q765.00 | 60 | -Q23.57 | 0.65% |
| | Válvulas de cheque 1/4" de bronce | Q480.00 | 60 | -Q14.79 | 0.41% |
| | Válvula de cheque 1/4" de acero inox | Q325.00 | 60 | -Q10.02 | 0.28% |
| | Reguladores de presión | Q4,361.25 | No hasta después de 10 años | -Q96.16 | 2.67% |
| Celda | Hoja de níquel 6"X12" | Q3,509.10 | 3 | -Q1,223.98 | 33.97% |
| | Accesorios de tubería ABS 4" | Q751.50 | No hasta después de 10 años | -Q16.57 | 0.46% |
| | Manguera de polietileno 3/8" | Q173.03 | No hasta después de 10 años | -Q3.81 | 0.11% |

Continuación Tabla 30

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|-----------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Celda | Tubo de acrílico "4x7" | Q449.78 | No hasta después de 10 años | -Q9.92 | 0.28% |
| | Cinta de teflón | Q122.63 | 12 | -Q11.85 | 0.33% |
| | Codo giratorio 3/8" | Q80.55 | No hasta después de 10 años | -Q1.78 | 0.05% |
| | Perno de plástico 5/16"x4" | Q30.00 | 3 | -Q10.46 | 0.29% |
| | Arandelas de plástico | Q540.00 | 3 | -Q188.35 | 5.23% |
| | Tuercas de metal | Q477.00 | 3 | -Q166.38 | 4.62% |
| | Pernos | Q52.43 | 3 | -Q1.16 | 0.03% |
| | Válvula de cheque 3/8" unidireccional | Q246.38 | No hasta después de 10 años | -Q5.43 | 0.15% |
| | Cloruro de Sodio | Q1,087.50 | 1 | -Q1,111.48 | 30.84% |

Continuación Tabla 30

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|-------------------------|--|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Celda | Sensor de nivel | Q6,750.00 | No hasta después de 10 años | -Q148.82 | 4.13% |
| Generación eléctrica | Panel Solar Solarland SLP120-12U 120 watt module, 12V 6.98 A | Q2,022.75 | No hasta después de 10 años | -Q44.60 | 1.24% |
| | Baterías 12 V 4 Ah | Q2,165.94 | 36 | -Q89.41 | 2.48% |
| | Transformador de 12V a 9V | Q370.62 | No hasta después de 10 años | -Q8.17 | 0.23% |
| Almacenamiento de orina | Tanque de polietileno de 7.5 galones | Q1,033.13 | No hasta después de 10 años | -Q22.78 | 0.63% |
| | Sensor ultrasónico doppler | Q2,400.00 | No hasta después de 10 años | -Q52.92 | 1.47% |
| | Tubería PVC 2" de 6 metros | Q3,450.00 | No hasta después de 10 años | -Q76.07 | 2.11% |
| | Válvula de bola 2" | Q246.30 | No hasta después de 10 años | -Q5.43 | 0.15% |

Continuación Tabla 30

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|-------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Almacenamiento de orina | Codos de 90 grados 2" | Q120.00 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 | 0.07% |
| | Tubo de succión | Q120.30 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 | 0.07% |

Nota: Anualidad total mensual: Q 3,603.59 y Costo total inicial: Q41, 582.44

Tabla 31: Costos y porcentaje de representación de los materiales de la Unidad con gasolina

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|------------|--------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Combustión | Motor | Q2,474.63 | No hasta después de 10 años | -Q54.56 | 17.01% |
| | Aceite de motor | Q48.00 | 6 | -Q8.67 | 2.70% |
| | Aceite de la caja de reducción | Q48.00 | 6 | -Q8.67 | 2.70% |
| | Filtro de aire | Q59.99 | 12 | -Q4.47 | 1.39% |
| | Bujía | Q35.18 | 12 | -Q2.62 | 0.82% |

Continuación Tabla 31

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación mensual |
|--------------------|----------------------------|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| | Aceite para bomba | Q48.00 | 6 | -Q8.67 | 2.70% |
| | Bomba | Q3,217.50 | No hasta después de 10 años | -Q70.94 | 22.11% |
| | Bujía para bomba | Q29.99 | 12 | -Q2.24 | 0.70% |
| | Gasolina | Q234.00 | 6 | -Q42.25 | 13.17% |
| | Contenedores de 5 galones | Q474.46 | 60 | -Q14.62 | 4.56% |
| Transporte de agua | Tubería PVC 2" de 6 metros | Q3,450.00 | No hasta después de 10 años | -Q76.07 | 23.71% |
| | Válvula de bola 2" | Q985.20 | No hasta después de 10 años | -Q21.72 | 6.77% |
| | Codos de 90 grados 2" | Q120.00 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 | 0.82% |
| | Tubo de succión | Q120.30 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 | 0.83% |

Nota: costo total mensual: Q 320.80 y costo total inicial: Q11,345.24

Tabla 32: Costos y porcentaje de representación de los materiales de las Mochilas Aguapac

| Actividad | Materiales | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual | Porcentaje de representación |
|---------------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Recolección de agua | Mochilas Aguapac | Q6,780.84 | 24 | -Q124.13 | 100% |

Nota: costo total mensual: Q124.13 y costo total inicial: Q6,780.84.

Tabla 33 Resultados de Análisis de Factibilidad

| Comparación | Resultado |
|--|------------------------------|
| Unidad Megaproyecto vs Mochilas Aguapac | No hay dominancia |
| Unidad con gasolina vs Unidad Megaproyecto | Ganador: Unidad con gasolina |
| Unidad con gasolina vs Mochilas Aguapac | Ganador: Unidad con gasolina |

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de observar la necesidad de la comunidad de contar con un servicio de agua, o tener una fuente más cercana se estableció realizar el diseño de una unidad generadora de energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno obtenido de la electrólisis de orina humana en la segunda fase, como ayuda a la comunidad y también buscando un sistema que fuera amigable con el ambiente. (Zamora, 2016)

El objetivo del módulo de la celda electrolítica es proponer un diseño de un prototipo de una celda electrolítica que opere con orina humana utilizando un electrolito que sea de fácil acceso y que fuera menos tóxico. Con el fin producir hidrógeno por electrólisis, y así generar la cantidad necesaria de hidrógeno para que el motor de combustión opere durante dos minutos, y así lograr proveer agua a la comunidad de Panimaché V. La orina utilizada en este proceso es recolectada por los habitantes de la misma comunidad. La realización de este proyecto en general se basa igualmente en la necesidad de la comunidad de tener un acceso fácil al agua ya que el tiempo requerido para su recolección es de aproximadamente entre [1 - 2] horas por familiar, generalmente las personas encargadas de recolectar el agua para cada familia son las mujeres y los niños, cada familia al día consume alrededor de 75.7 L (20 galones). (Zamora, 2016)

Como se puede observar en la primera gráfica, utilizando KOH como electrolitos se varió la distancia de las placas de níquel para observar cómo esto afecta en la producción de hidrógeno, se concluyó con base a los resultados obtenidos en la Gráfica No. 1 que con una distancia menor en las placas se obtiene un mayor flujo electrones (mayor corriente) en la solución de orina; por lo que unos de los parámetros más importante para el diseño de la celda electrolítica es utilizar las placas lo más cerca posible, sin llegar a generar un corto circuito por choque entre las mismas. También en la Gráfica No. 1 se evaluó el efecto del voltaje en la producción de hidrógeno, se observó que a mayor voltaje se obtiene mayor producción; para fijar un voltaje en la celda electrolítica, tanto para las siguientes pruebas de laboratorio como para la propuesta del diseño del prototipo de la celda electrolítica, se basó en los resultados obtenidos como en los antecedentes investigados, ya que se da una tendencia que a partir de los 6V el cambio en la producción de hidrógeno no varía significativamente en comparación con la energía extra que se está suministrando. Por lo tanto, se fijó la variable de la distancia entre las placas y el voltaje a utilizar, que son 4cm y 9V respectivamente. (Zamora, 2016)

Para la búsqueda de otro electrolito que sustituyera al KOH y cumpliera con las especificaciones de ser de fácil acceso y que este no fuera tóxico, se propuso la utilización del electrolito NaCl. En la Gráfica No. 2 se puede observar la comparación de los flujos promedios de hidrógeno obtenidos para cada electrolito trabajando en las mismas condiciones de 9V y una distancia entre placas de 7cm; se observó que la diferencia entre la cantidad de hidrógeno

producido fue de $1.9 \cdot 10^{-7}$, siendo mayor para el electrolito KOH. Con base a los resultados se propuso utilizar NaCl como el nuevo electrolito para operación de la celda electrolítica porque a pesar de que produce un poco menos de hidrógeno, la característica que las personas de la comunidad tienen un fácil acceso al NaCl y que no se requiere ningún tipo de protección especial para su manipulación, lo hace una buena opción para utilizarlo en la comunidad. (Zamora, 2016)

Luego se realizaron pruebas de concentración para el electrolito NaCl, que se trabajó con un voltaje de 9V y dos diferentes distancias entre las placas de níquel. Los resultados se pueden observar en la Gráfica No. 3, en la cual se vio la misma tendencia para la diferencia entre la distancia de placas, que entre más cerca están las placas se obtiene un mayor flujo de hidrógeno. Igualmente se trabajó empezó a trabajar con pequeñas molaridades de sal y se fue aumentando durante la práctica, se llegó hasta una molaridad de 10M porque se observó que la solución de orina se saturó y una gran cantidad de sal ya no se disolvió; por lo que se propuso trabajar la celda electrolítica en un rango de [5 - 8]M. Se propuso un rango de trabajo de concentración ya que la solubilidad se ve afectada por la temperatura y la concentración de los demás compuestos que contiene la orina humana. (Zamora, 2016)

Para determinar el tiempo en que la celda electrolítica puede funcionar y el flujo que esta puede dar, se realizó una prueba en la cual la solución de orina se dejó en proceso de electrólisis hasta observar un cambio de corriente para un mismo voltaje trabajado, se pueden observar estos datos obtenidos en las Gráficas No. 4 y 6. Se observó que a partir de los 35 minutos que se operó la celda electrolítica tanto la producción de hidrógeno como la corriente bajó; esto es debido a que también hay un consumo de la urea, por lo cual esto deja de dar los seis electrones en el medio, por lo que la corriente en la solución baja también y si se quisiera mantener la misma corriente se requeriría de más energía (aumentar voltaje). En total el hidrógeno producido durante los 35 minutos de operación fue de 0.01989 g de H_2 , se obtuvo un flujo másico promedio de hidrógeno de 0.00272 g de H_2 /min para la celda a nivel laboratorio utilizando únicamente dos placas de níquel con un área superficial de 10.2 cm^2 . (Zamora, 2016)

Si se propusiera una celda electrolítica como la trabajada en el laboratorio se necesitaría un tiempo 61.22 horas del proceso de electrólisis para producir 10g de hidrógeno y que el motor funcione durante 2 minutos, ya que con este sistema de laboratorio se tardaría mucho tiempo en producir el hidrógeno requerido, se tendría que ir almacenando para que luego sea utilizado por el motor de combustión. Con la producción que se tiene actualmente en la celda para lograr producir 10g de hidrógeno en 2 minutos, para no almacenar el hidrógeno porque este genera mucho calor,

se requerirían 1837 celdas. Con la celda propuesta se para obtener con una misma celda lo 10g de hidrógeno requerido por el motor de combustión se tardaría 1.31 horas de operación, dado que no se quiere almacenar el hidrógeno por lo peligroso que es, para producir los 10g de hidrógeno en 2 minutos se tendía que utilizar 40 celdas para alimentar al motor. Para el diseño trabajado en laboratorio se requeriría de 2756 Litros de orina para operar la celda electrolítica durante un día, tomando en cuenta de que la orina promedio producida al día por todos los habitantes de la comunidad es de aproximadamente de 352 L, lo cual no era suficiente para producir la cantidad de hidrógeno demandada por el motor de combustión. Ya que se propuso un diámetro de la celda parecido al trabajado en el beaker a nivel laboratorio, se propuso igualmente utilizar más placas de níquel y también con una dimensión más grande (que cupiera en el diámetro de la celda propuesta) para aumentar el área superficial y lograr así una mayor producción de hidrógeno, por lo cual se estableció una cantidad de 10 juegos de placas para la celda. Se tomó un volumen mayor al trabajado en el laboratorio de 0.85L a 1.5 L, aproximadamente de la cantidad que una persona pueda proveer de orina al día, con ellos se calculó una relación entre las áreas superficiales con las placas trabajas a nivel laboratorio y las propuestas para el diseño, para determinar la cantidad de orina necesaria con el fin de abastecer al motor de combustión con las nuevas dimensiones. Con el diseño propuesto se obtuvo que se requiere al día una cantidad de 60 L de orina para abastecer de hidrógeno al motor de combustión y ya el motor pueda bombear agua hacia la comunidad. (Zamora, 2016)

El cilindro que proporciona productos del aire, puede almacenar una cantidad muy grande de hidrógeno lo cual favorece al tiempo en que el motor puede pasar encendido, sin embargo, trabajar con este puede llegar a ser muy peligroso, además de costoso y difícil de manejar. La gran ventaja de este tanque es su capacidad, sin embargo, al utilizar hidrógeno como combustible, se genera la posibilidad de un retraso de llama, y si bien es cierto que se utilizan arrestadores de llama para esto, siempre está la posibilidad de que llegue la misma al tanque y eso genere una explosión devastadora. Por otro lado, el tanque marca Highland, utilizado en la Fase I, es fácil de manejar y es muy seguro, pero, su gran desventaja es el costo, ya que este está alrededor de USD 3,000, por lo que genera un gran incremento en el costo de la unidad y eso lo hace poco accesible a comunidades como la de Panimaché. Además, el tiempo de llenado del mismo es cercano a 30 min si se sumerge en hielo o agua fría, por lo que la operación puede volverse lenta. Por último, el otro tanque que se tomó en consideración fue un tanque Worthington de 20lb, que comúnmente se utiliza en los asadores. Este tanque está diseñando para almacenar GLP, sin embargo, tomando en cuenta la capacidad del mismo y el material que lo compone, se concluyó que es posible utilizar este tanque con hidrógeno, siempre y cuando no se utilicen presiones y temperaturas elevadas. Este tanque puede trabajar en parámetros seguros y cercanos a lo que

genera la celda. También el tiempo de llenado de este tanque es cercano a los 5min, por lo que la operación se hace más rápida que si se utiliza el tanque Highland.

El tanque que se seleccionó fue el de 20lb marca Worthington ya que este cumple con cuatro de los cinco aspectos evaluados, aunque con este tanque se deben de tomar varias precauciones. El uso de este tanque debe de ser a bajas presiones (menor a 100 atmósferas) y temperaturas (menores a 200°C), de lo contrario el hidrógeno puede reaccionar con el mismo y ocasionar bultos en el tanque o incluso una perforación y explosión. Es necesario recalcar que mientras la unidad no esté en funcionamiento, por motivos de seguridad se debe de utilizar una bomba de vacío para dejar el tanque sin hidrógeno, ya que si en algún momento se calienta por razones ajenas puede generar una reacción. Además, dejando el tanque a condiciones de fábrica, se asegura que no haya restos de aire en el mismo y de esta manera se puede evitar una explosión del tanque. A la hora del llenado del tanque, se debe de comenzar con una presión baja de hidrógeno, debido a que, si se introduce el hidrógeno a la presión deseada del tanque, se pueden generar bultos en el mismo, incluso se podría generar un agujero posteriormente por el bulto y dejar inservible el tanque.

La Figura 18 muestra el sistema de suministro, llenado y vacío utilizado en las pruebas de arranque. Para realizar estas pruebas, el sistema se dividió en tres distintos componentes, ya que cada equipo estaba situado en distintas secciones del laboratorio, además, las pruebas de arranque se deben de realizar al aire libre, por lo que el llenado y el uso de vacío se debía de separar de estas pruebas. Los aspectos de seguridad que se tomaron en cuenta para el llenado y pruebas de arranque fueron los siguientes: el teléfono celular debe mantenerse fuera del alcance, además el tanque debe de mantenerse la sombra, se le hizo un cambio de dirección a la empuñadora para que esta quedara del lado opuesto a la pieza de acople a la cámara de combustión y por último, se tenía un arrestador de llama y una válvula de cheque para la línea de llenado y de suministro al motor.

Para la elaboración de este sistema se planteó un arrestador de llama más económico, el cual se hizo a partir de un recipiente comúnmente utilizado en filtros. Este recipiente se llenó con agua con el fin de que la manguera proveniente del tanque de almacenamiento provisional de hidrógeno estuviese sumergida y que la salida del hidrógeno hacia el motor esté situada en la parte superior del recipiente. Esto ocasiona una separación entre la línea que proviene del tanque y la línea de suministro de hidrógeno al motor. Si se diera el caso en que una llama regresa a la línea del hidrógeno, esta separación de líneas detiene la llama en ese instante y evita que esta llegue al tanque de almacenamiento. Esta conexión indirecta de líneas, a la hora de abrir las válvulas de suministro genera un burbujeo en el agua, el cual se puede utilizar también como referencia a la

hora de enseñar a utilizar la unidad a las personas de la comunidad. A estas personas se les puede indicar que se debe de iniciar con un burbujeo leve mientras que otra persona está halando de la empuñadura de arranque y que paulatinamente se debe de incrementar el burbujeo hasta que se llegue a la presión de operación (4psi).

Previo al arrestador se colocó una válvula de cheque, el fin de esta es incrementar la seguridad del sistema ya que, en esta instancia ese sería el primer freno de la llama hacia el tanque. Si la llama logra sobrepasar esta válvula, se frena inmediatamente en el arrestador mencionado con anterioridad. El diseño, en su mayoría, se conectó con la tecnología “push connect” o “quick connect” y eso lo hace versátil a la hora de conectar y desconectar los componentes del sistema. Esta tecnología también permitió que el sistema se dividiera en tres a la hora de realizar la experimentación ya que por motivos de ubicación de equipo y seguridad, era imposible realizar todo el proceso en un solo lugar.

Uno de los mayores problemas para utilizar hidrógeno como combustible es el retraso de llama o “backfire” este sucede por puntos calientes existentes en el sistema y esto ocasiona una combustión prematura, fuera de la cámara de combustión. Para eliminar este problema es necesario considerar las distintas formas de suministro de combustible al motor. Dentro de estas están: inyección directa, suministro de combustible por un carburador, también llamada inyección central o inyección en puerto. El método más recomendado, según la literatura, es el método de inyección directa, sin embargo al tratarse de un gas, se debe de adquirir un inyector de gases, lo cual puede ser un tanto costoso. La manera en que se trabajó con el motor Honda GX-120 anteriormente, fue utilizando el carburador, pero eliminando el depósito de combustible. En lugar, se conectó una manguera a la parte baja del carburador y esto permitía que, con el paso del aire, se hiciera una mezcla aire-hidrógeno y se regulaba la presión de este último. Sin embargo, este método generaba mucho retraso de llama y al final se optó por utilizar el tanque de productos del aire. Como se mencionó con anterioridad, utilizar este tanque puede ser muy peligroso para la operación, por lo que en esta fase se procuró no utilizarlo. Por esa misma razón se generó un problema, ya que el carburador del motor no era apto para ser utilizado.

Se consideró el carburador como no apto, ya que el mismo carburador está diseñado para operar con gasolina, por lo que tiene los diámetros de entrada de combustible y de aire idóneos para este compuesto. Debido a que el carburador se consideró como no apto, se presentó el problema de cómo realizar la mezcla aire-hidrógeno. Por esta razón, primero se analizaron inyectores de gases, sin embargo, estos eran muy costosos y no había disponibilidad. Entonces, al final se decidió elaborar una pieza, la cual funcionara como una especie de carburador para hidrógeno, utilizando una presión de operación de hidrógeno baja y una presión de aire

atmosférica. El diámetro de la pieza se seleccionó con base a la relación aire-combustible del cálculo 13.

Se seleccionaron dos diámetros para enviar los diseños a un torno. Los diámetros seleccionados fueron: $1 \frac{1}{4}$ y $1 \frac{1}{2}$ ya que ambos están disponibles en el mercado y además mostraron una relación aire-hidrógeno, cercana a la estequiométrica, 32.22064 kg/kg y 46.377 kg/kg respectivamente. Para el diseño de esta pieza se utilizó una ecuación modificada de Weymouth, específica para fluidos compresibles. Sin embargo, esta se aplica para gases ideales, aunque por las propiedades del hidrógeno y el aire, ambos se pueden modelar como tal. Esta pieza se hizo de la manera en que se muestra en la Figura 21 ya que de esta manera se hace la mezcla dentro de la pieza.

En la Figura 21 se puede observar que la entrada de aire está directamente de la atmósfera, y el hidrógeno entra de la línea del tanque. Con la presión de succión del motor y los cálculos previos realizados, se asegura una relación aire-hidrógeno de 32.22064 kg/kg o de 46.377 kg/kg dependiendo de la pieza que se esté utilizando. Esta mezcla ya entra a la cámara de combustión y permite que el motor funcione. Este método de inyección, es similar al método de inyección central (carburado) con la diferencia que no hay una reducción de diámetro en el centro para que se vaporice el combustible. Esa reducción ya no es necesaria porque ya se cuenta con el combustible a presión, por lo que cuando se hala de la empuñadura y el motor empieza la succión, el diámetro de la pieza permite que entre el aire necesario para que se haga la relación aire-hidrógeno planteada al inicio con la presión que se tiene de hidrógeno. La ventaja de este método de suministro de combustible, es que se asegura una relación aire-hidrógeno, sin embargo, a la hora de querer incrementar las revoluciones del motor, se plateó incrementar la presión de hidrógeno pero, con esto solo se puede llegar hasta un flujo máximo de aire. Como se observa en la Tabla 34 y Tabla 35, los flujos de entrada de aire son cercanos a los que se utilizaron para el diseño de la pieza de la Tabla 40 y Tabla 41.

Posterior a este diseño de celda es necesario considerar el punto de almacenamiento de hidrógeno que se produce. El tanque de almacenamiento provisional de hidrógeno es crucial para cumplir con esto, sin embargo, se debe considerar una serie de aspectos como de seguridad, costo, condiciones de operación, entre otros, ya que el fin del proyecto en general, es crear una unidad de recursos fáciles de adquirir y segura para que se genere energía mecánica o eléctrica a partir de la combustión de hidrógeno generado a partir de la electrólisis de urea contenida en la orina humana. Tomando en cuenta esto, se realizó una matriz para seleccionar el tanque a utilizar, Tabla 16.

El cilindro que proporciona productos del aire, puede almacenar una cantidad muy grande de hidrógeno lo cual favorece al tiempo en que el motor puede pasar encendido, sin embargo, trabajar con ese puede llegar a ser muy peligroso, además de costos y difícil de manejar. La gran ventaja de este tanque es su capacidad, sin embargo, al utilizar hidrógeno como combustible, se genera la posibilidad de un retraso de llama, y si bien es cierto que se utilizan arrestadores de llama para esto, siempre está la posibilidad de que llegue la misma al tanque y eso genere una explosión devastadora. Por otro lado, el tanque marca Highland, utilizado en la Fase I, es fácil de manejar y seguro pero, su gran desventaja es el costo, ya que este está alrededor de USD 3,000, por lo que genera un gran incremento en el costo de la unidad y eso hace que la comunidad no pueda tener acceso al mismo. Además, el tiempo de llenado del mismo es cercano a 30 min si se sumerge en hielo o agua fría, por lo que la operación puede volverse lenta. Por último, el otro tanque que se tomó en cuenta fue un tanque Worthington de 20lb de propano, que comúnmente se utiliza en los asadores. Este tanque está diseñado para almacenar GLP, sin embargo, tomando en cuenta la capacidad del mismo y el material que lo compone, se concluyó que es posible utilizar este tanque con hidrógeno, siempre y cuando no se utilicen presiones y temperaturas elevadas. Este tanque puede trabajar en parámetros seguros y cercanos a lo que genera la celda. También el tiempo de llenado de este tanque es cercano a los 5 min, por lo que la operación se hace más rápida a comparación de la del tanque Highland.

El número de intentos se refiere al número de veces en que la persona halara la empuñadura al comenzar el burbujeo en el arrestador. Este número se fijó a que su valor fuese igual o menor a diez intentos para considerar que se cumplió, mayor a diez se consideraba fallido. Este número se fijó de manera empírica, ya que la mayoría de personas que halaba, mostraba un desgaste físico e irregularidades en la manera de halar la empuñadura después de los diez intentos. En el rubro de intentos se obtuvo una confiabilidad de 72.73%. Sin embargo, al observar el rubro de RPM se elobserva que a pesar de superar los diez intentos en dos ocasiones el motor encendió. En este rubro tiene mucho que ver la persona que este halando la empuñadura, ya que si no lo hace correctamente el motor no encenderá.

Las revoluciones (RPM) en un motor, están relacionadas directamente con la potencia y torque que otorga el mismo, por esta razón se tomó como valor mínimo 2200 RPM, debido a que, como se observa en el Gráfico 2 la potencia de ese punto en adelante es mayor a los 1700W. Se tomó de esta manera únicamente para el análisis de confiabilidad. Este análisis presenta un 81.82% de confiabilidad, ya que en la mayoría de corridas las revoluciones por minuto alcanzaron las 2200 o sobrepasaron esa cantidad. Posteriormente, se hicieron análisis a distintas revoluciones (2200, 2700 y 3200) con el fin de establecer tiempos de encendido a revoluciones fijas. Al observar la Tabla 22 se observa que, a 2200 RPM, bombea la mayor cantidad de agua. Independientemente

de las revoluciones a las que se trabaje, el tanque con aproximadamente 10g de hidrógeno puede bombear una cantidad suficiente de agua para la comunidad. Los tiempos que se tomaron de referencia para el análisis de confiabilidad fueron los teóricos de la Tabla 34 y Tabla 35, sin embargo, debido a que el motor no ha pasado por la fase de análisis de su eficiencia, se asumió que para que el motor pasara la prueba de confiabilidad de tiempo, este debía de permanecer encendido aproximadamente un 40% de su tiempo teórico, lo cual es aproximadamente 1min y 30s. En cuanto a la relación tiempo real y tiempo teórico se obtuvo un 58.40% promedio, lo cual supera los parámetros planteados inicialmente. Por último, la confiabilidad en cuanto a tiempo es del 90.91%.

Todas estas mediciones se hicieron con la pieza de 1 ¼ de diámetro ya que con la pieza de 1 ½ el motor nunca encendió. La razón por la que sucedió esto, es porque la relación aire combustible, al utilizar este diámetro era de 46.377 kg/kg, esto a la hora de halar la empuñadura del motor generaba únicamente retrasos de llama. Este retraso de llama ocurría porque el hidrógeno al estar en una mezcla pobre, poco a poco se iba acumulando y ya cuando se acumulaba suficiente, simplemente explotaba sin dar lugar a una posible combustión dentro de la cámara. Por esta razón, no se continuaron haciendo pruebas con la segunda pieza y esta al final obtuvo un 0% de confiabilidad.

Con todas las experimentaciones se obtuvo una confiabilidad promedio de 81.82% con la pieza de 1 ¼ lo cual es un valor que ya da pauta a un análisis de eficiencia. Sin embargo, previo a este análisis se deben de realizar algunos ajustes para mejorar el funcionamiento del motor. Se debe de modificar la pieza para que el hidrógeno entre a demanda, ya que con la pieza que se diseñó, el hidrógeno está a una presión constante y este entra, aunque no exista una demanda del motor, por lo que hay que cerrar las válvulas manualmente. Idealmente se debería de automatizar este sistema y que el mismo regule la presión conforme a la demanda de combustible del motor. También se debería de ajustar la entrada de aire, utilizando alguna válvula reguladora para que el motor pueda funcionar a distintas relaciones de aire-combustible, de esta manera se podría crear una especie de acelerador, el cual entraría en acción cuando la bomba demande más potencia. Por último, el sistema de suministro al motor, debe de ser más compacto para que la unidad pueda ser más versátil y fácil de manejar.

El objetivo general de este módulo consistía en “Diseñar una propuesta psicopedagógica que permitiera a los integrantes de la comunidad de Panimaché V conocer y utilizar la unidad que se implementará para que tengan un fácil acceso al agua”. Se concluye que este objetivo fue alcanzado en su totalidad, ya que se cumplió con el diseño de un manual que incluyera los aspectos necesarios que se deben de tomar en cuenta al implementar la unidad.

Los objetivos específicos hacían referencia a realizar un análisis de los resultados obtenidos de la línea base para determinar las necesidades de la población de Panimaché V y así determinar a quiénes estará enfocada la propuesta tomando en cuenta todos los factores relacionados.

Diseñar un manual que incluya pasos y precauciones que se deben de tomar en cuenta para el uso de la unidad.

Realizar el proceso de validación del Manual por Juicio de Expertos, para garantizar que se cumplen con los requisitos necesarios para su implementación futura.

Los tres objetivos específicos fueron alcanzados en un 100%, ya que se analizaron los datos y se concluyen en que es necesario un manual gráfico que ayude a la comunidad, haciendo referencia al comité de agua potable; se diseñó un manual con pasos y precauciones que deben de tomarse en cuenta al momento de utilizar la unidad; por último, se realizó el proceso de validación con tres expertos quienes se encargaron de garantizar la funcionalidad del manual para darle continuidad al Megaproyecto.

En cuanto la validación de la propuesta pedagógica se concluye que el manual cumple con una metodología adecuada para la implementación, es necesario trabajar en el objetivo ya que hay algunos aspectos que se podrán ir mejorando cuando la unidad esté terminada, entre ellos están los aspectos del uso, mantenimiento y precauciones, además se debe mejorar en las imágenes y el color que se utilizó al momento de que el manual sea para la comunidad.

El aporte de los expertos al momento de realizar la validación fue importante, ya que al conocer más del área de Ingeniería Química se pudo concluir con un manual que fuera beneficiosos para el Megaproyecto y que incluyera aspectos a tomarse en cuenta en el futuro manual para la comunidad.

Luego del análisis técnico y psicopedagógico, es necesario llevar a cabo el Análisis de Factibilidad. Este análisis se lleva a cabo normalmente para comparar soluciones y verificar cuál es la más eficaz y menos costosa. Para este caso particular, se sabe que la Unidad Megaproyecto aún no puede ser comparada con otras soluciones, pues apenas se encuentra en fase de desarrollo. Sin embargo, realizar este análisis puede ayudar a ver donde se encuentra la Unidad Megaproyecto actualmente en comparación con otras alternativas, y evaluar así, que aspectos son los que se pueden mejorar económicamente.

Primero se debe analizar las ventajas y desventajas de cada alternativa. La Unidad de

Megaproyecto tiene grandes ventajas. Primero, logra quemar un combustible que no es dañino para el medio ambiente. Segundo, se puede mencionar que, si bien la celda es ineficiente, esta utiliza sal en lugar de hidróxido de potasio, pues este reactivo es una base fuerte por lo que se tiene que utilizar equipo de protección además de tener un tratamiento de neutralización antes de descartarlo para evitar la contaminación al ambiente. Solo las baterías representan un desecho dañino para el medio ambiente, pero estas se deben reponer hasta después de tres años. Con respecto a las Mochilas Aguapac, esta fue más eficaz, lo cual indica que es una unidad que puede llegar a ser funcional. Por otro lado, ha mostrado mejoras en cuanto a la necesidad de paneles y baterías que requiere la celda para su funcionamiento. Acorde al trabajo de Rossana Loí Lau, la unidad requería 76 paneles solares que en total representaban un costo de Q 5,327,010.00, un banco de siete baterías de carro que representaban un costo de Q5,810.18 y un alternador utilizado para tractores, cuyo costo era de Q5,250.00. (Lau, 2015). La unidad ahora se ha estimado que necesita dieciocho baterías con un costo total de Q120.33 y un panel solar con un costo de Q2,022.75. La unidad en su inversión inicial requiere ahora un costo aproximado de Q41,500.00, mientras que la unidad de la fase anterior requería una inversión inicial de Q5,682,794.70.

De todas las alternativas, es actualmente la más cara. La unidad está comprendida en varios elementos, es precisamente la que más elementos tiene en comparación con las otras alternativas. Afecta también el hecho que se tenga que estar reponiendo la sal y las placas de forma constante. Son estos dos elementos los que representan la anualidad mensual más alta. Además, es más ineficiente en el ahorro del tiempo, en comparación con la Unidad con gasolina. La razón por la cual es más ineficiente, se puede apreciar en los razonamientos que se desarrollaron de forma detallada en la sección de Anexos. Básicamente, las mujeres tendrían que turnarse para velar por el funcionamiento de la unidad y esta se tardaría alrededor de cuatro horas en satisfacer la demanda de agua en la comunidad. Acorde a los razonamientos realizados en la sección de Anexos, cada mujer de la comunidad tendría que desperdiciar 11.6 horas al mes para velar por el funcionamiento de la unidad. La razón por la cual la unidad se tarda tanto en abastecer de agua a la comunidad es debido a las celdas. Estos elementos son los más ineficientes en toda la unidad, pues les toma bastante tiempo producir hidrógeno. En total, una celda requiere 35 minutos para producir 3.43 gramos de hidrógeno y eso es muy poco. Solo el motor requiere 10 gramos para funcionar. Este, si bien es funcional, tarda dos minutos en consumir esos 10 gramos y luego se apaga, lo cual ocasiona que se deban realizar varias corridas para que se pueda abastecer la demanda de agua en la comunidad.

A pesar de que las celdas que se están proponiendo son ineficientes, vale la pena aclarar que son las primeras celdas que se están proponiendo. En la Fase I no se había propuesto todavía una. Por lo tanto, en las siguientes fases de Megaproyecto se espera que la funcionalidad de las

celdas mejore. En cuanto al motor, vale la pena mencionar que ha reducidos costos en esta segunda fase del Megaproyecto. En la Fase I se utilizaba un tanque de hidrógeno que costaba alrededor de \$1,700.00. El que se propuso para la unidad es un tanque de churrasquera, el cual tiene un costo de Q298.00. También se utilizaba un arrestador de llama con un costo de Q633.00, mientras que ahora se utiliza una carcasa de filtro con un costo de Q395.00. Todo esto indica que la investigación para el desarrollo de la Unidad Megaproyecto va por buen camino.

La Unidad con gasolina es la alternativa ganadora del análisis “Costo-Eficacia”. Gana ya que es la más eficiente de las alternativas y el costo por hora ahorrada es también el más bajo. Tiene la principal ventaja que hacerla funcionar es relativamente fácil en comparación con la Unidad de Megaproyecto, ya que solo se requiere hacer funcionar el motor, mientras que en la Unidad de Megaproyecto habría que hacer funcionar las celdas, quitarlas después de una corrida para limpiarlas y repetir este proceso seis veces; las baterías utilizadas se tendrían que desconectar de las celdas y cargarlas en el panel y aparte, habría que hacer funcionar el motor. El consumo de gasolina no es incluso significativo. Tal como se puede apreciar en la sección de Anexos, el motor requeriría galón y medio para funcionar en un mes. A diferencia de la Unidad de Megaproyecto, esta alternativa abastecería la demanda de agua en la comunidad en aproximadamente 12 minutos y es precisamente este hecho el que permite que sea más eficaz que la alternativa mencionada anteriormente.

Su desventaja principal radica precisamente en el uso de gasolina. Este combustible es dañino para el medio ambiente y es por tal razón que se están buscando alternativas en la actualidad para disminuir su uso. Además, tal como se mencionó con anterioridad, usar gasolina representa un peligro para la comunidad. Vale la pena mencionar que esta comunidad se encuentra en una montaña llena de bosques y algunos cultivos. En la sección de los Anexos se hizo el supuesto que la gasolina se almacenar para no tener que ir a la gasolinera constantemente. Si la gasolina almacenada, por algún accidente involuntario, prendiera fuego, provocaría un incendio que causaría no solo grandes daños forestales, sino que también los habitantes de la comunidad se verían en peligro. Otra de sus desventajas es que sí bien esta alternativa es la que presenta el costo más bajo por hora ahorrada, vale la pena destacar que su costo inicial es alto, pues es necesario instalar tubería, comprar el motor y la bomba.

Estas mochilas, a diferencia de las otras alternativas, ha sido probada en la vida real con éxito en los países de Kenia y Haití. Se les entregaron a más de 300 familias y 3 meses después contaron sus experiencias. Más de la mitad de las familias indicó que redujeron a más de la mitad su tiempo de recolecta y casi no reportaron problemas. (Pedroso, et al., 2013). En el escenario planteado en la sección de Anexos, el uso de las mochilas lograr reducir un 50% el tiempo utilizado

en acarreo de agua, sin embargo, en el Análisis de Factibilidad, esta alternativa resultó ser la más ineficaz de todas. Pierde en el análisis Costo - Eficacia por el hecho que su vida útil es de dos años, lo que provoca que sus anualidades mensuales sean más altas que la Unidad con Gasolina.

Esta alternativa, sin embargo, tiene sus ventajas. Primero, solo es un elemento del que hay estar pendiente. Segundo, es un elemento que no contamina al medio ambiente, elimina bacterias del agua y cuenta con un diseño ergonómico que evita el daño de la columna vertebral. Además, a diferencia de la Unidad con gasolina, esta alternativa no representa ningún peligro a la comunidad. Todas estas características descritas le agregan un valor a esta alternativa, pues no solo buscan reducir el tiempo de recolecta, sino también pretenden contribuir en la salud del usuario.

¿Qué alternativa se debe elegir? Las mochilas Aguapac no podría considerarse como una alternativa. Si bien se mencionó con anterioridad que esta ha tenido éxito en otros países, esta no solucionaría la problemática en su totalidad, sino solamente de forma parcial. Además, tienen poca duración de vida, lo que implica que cada dos años habría que realizar una gran inversión para poder seguir proveyendo mochilas a la comunidad.

Se debe decidir, por lo tanto, entre la Unidad Megaproyecto y la Unidad con gasolina. Vale la pena mencionar que acorde a la línea base de conocimientos de la unidad realizada por los estudiantes de Psicodepedagogía, los pobladores de Panimache V no están preparados aún para utilizar ni la Unidad con gasolina ni la Unidad Megaproyecto, por lo que se debe realizar una serie de capacitaciones en las siguientes fases de este Megaproyecto que permitan introducir los conocimientos necesarios para utilizar cualquiera de estas dos alternativas.

La Unidad con Gasolina, es en la actualidad la mejor alternativa y el análisis de Costo – Eficacia lo demuestra. Sin embargo, tal como se mencionó con anterioridad, la investigación de la Unidad Megaproyecto va por buen camino. Esto quiere decir que cuando llegue el día que los pobladores de Panimache V estén bien capacitados, existe la probabilidad que la Unidad Megaproyecto ya se encuentre mejor desarrollada, sea más eficiente y sea menos costosa. Por lo tanto, en el futuro se decidirá, dependiendo las circunstancias, si se instala la Unidad con gasolina o la Unidad Megaproyecto.

Se deben vencer aún varios retos, principalmente culturales, tecnológicos y económicos, pero eso no implica que no haya solución para ninguno de los problemas que se presenten. Los pobladores sí pueden llegar a ser capacitados, media vez estén en disposición de aprender y todo pareciera que sí lo estarían. En las visitas realizadas en esta fase, se pudo observar una excelente colaboración por parte de los hombres y las mujeres de Panimache V, por lo que se espera que muestren esa misma colaboración cuando sean capacitados. En cuanto a los aspectos económicos, ambas alternativas requieren una inversión alta, por lo que se debe buscar ya sea una ONG o recaudar fondos para llevar a cabo cualquiera de las dos alternativas. Y para mantenerlas funcionando, se debe crear un modelo sostenible, donde los pobladores se vean beneficiados económicamente y puedan ellos mismos mantener la unidad funcionando. Por último, los aspectos tecnológicos aún deben ser mejor desarrollados y eso será tarea de los futuros estudiantes que se encarguen de este Megaproyecto.

Por último, se debe hacer mención de como se desarrolló el Megaproyecto. Su inicio se llevó a principios del mes de julio del año 2015. Se llevó a cabo una reunión para que todos los integrantes se conocieran. Vale la pena destacar que una integrante del Megaproyecto, quien es estudiante de Microbiología, tuvo una oportunidad de estudios en el extranjero, por lo que ella abandonó el Megaproyecto a finales de julio. El coordinador no se encontraba presente durante ese mes, por lo que se optó una reunión con dos de los integrantes de la fase I para que nos dieran detalles sobre el Megaproyecto, sus avances y lo que quedaría pendiente de realizar para que todos nosotros nos diéramos una idea sobre en qué podíamos avanzar en la fase II. El coordinador regresó a inicios del mes de agosto y se realizó nuestra primera reunión con él y se estableció el propósito de la fase II de este Megaproyecto: Instalar una unidad que sea capaz de bombear agua a la comunidad de Panimache V, ubicada en Chichicastenango, Quiché, por medio de electrólisis de orina.

Una vez establecido el objetivo del Megaproyecto, se asignaron los roles que cada estudiante tomaría en el Megaproyecto. Dos estudiantes trabajarían en el motor, una estudiante en la Celda, dos estudiantes trabajarían en la capacitación y aceptación de la unidad, otro estudiante se encargaría de acoplar todo el sistema y yo me encargaría de administrar el proyecto y analizar su factibilidad.

Al asignar los roles, cada estudiante empezó a investigar sobre su tema en particular. Los estudiantes de Ingeniería Química y el estudiante de Ingeniería Mecánica, por ejemplo, empezaron a consultar con profesores para obtener orientación sobre cómo empezar a desarrollar su módulo,

se reunieron con los estudiantes de la fase anterior y además, realizaron un balance energético del sistema para empezar a comprender mejor el funcionamiento del mismo. Las estudiantes de Educación y yo, mientras tanto, establecimos nuestro primer contacto con la organización de TECHO, quien es nuestro interesado externo del Megaproyecto, para comprender mejor la situación de la comunidad de Panimache V. Se sostuvieron dos entrevistas y luego se nos proporcionó una base de datos de la comunidad para poderla analizar y obtener información de ella.

A finales de noviembre del año 2015, se realizó el primer cronograma para cada módulo, el cual se esperaba que no sufriera cambios severos y que sirviera como herramienta de apoyo para el año del 2016. A todos los cronogramas se les agregó tiempo extra, para considerar el riesgo de cualquier atraso inevitable que se pudiera presentar durante el desarrollo del Megaproyecto. Para mantener la comunicación dentro del grupo, se utilizó el correo electrónico de la Universidad, se creó un grupo de Whatsapp y se establecieron reuniones semanales los días miércoles a las cuatro de la tarde, donde el coordinador orientaba a los estudiantes sobre qué temas debían investigar. Con relación a la comunidad, se trató de planificar con TECHO dos visitas: Una a mediados de noviembre y otra a finales de diciembre. Ninguna de estas visitas se concretó, debido a falta de preparación y organización. Fue por estas dos razones que decidimos realizar la primera visita en el mes de julio del año 2016. A finales del segundo semestre se llevó a cabo la última reunión del año y se definieron los últimos temas a investigar y se definió que la unidad debía ser instalada en la comunidad a principios del segundo semestre del año 2016. No obstante, los costos y los riesgos se analizarían a principios del año del 2016.

La primera reunión del año 2016 se llevó a cabo el 13 de enero del 2016. Fue en esta reunión donde se llegó a la reflexión que se manejaron expectativas muy altas para este Megaproyecto y de que no sería posible instalar la unidad ese año, pues había aún mucho por investigar y pruebas por experimentar. Además, dos estudiantes todavía se encontraban aún muy desorientados sobre sus actividades a realizar. Esto tuvo como consecuencia que se replantearan los objetivos en cada uno de los módulos, se hicieran cambios en el cronograma y se estableciera que la unidad no tendría ni siquiera que funcionar para finales de este año, sino únicamente seguir estudiando cada una de las partes de la unidad. Los objetivos y sus cambios se pueden en la Tabla 35: Cambio de objetivos de los módulos.

Una vez redefinidos los objetivos y modificado el cronograma, se procedió a definir los riesgos, que se pueden observar en la Tabla 34: Riesgos de cada módulo. También se definieron los costos que conllevaría este Megaproyecto. Los costos finales de la investigación se pueden observar en la Tabla 39: Costos totales de Investigación. A finales de esta fase, vale la pena

mencionar que el estudiante de Ingeniería Mecatrónica desertó del Megaproyecto para optar a tesis.

Es importante hablar de la ejecución de cada módulo. Mayling Zamora trabajó en total de 169 horas y fue la que obtuvo el índice en desempeño de planificación más alto: 71.43%. Entre los riesgos que mencionó, nunca tuvo problemas para trabajar con el hidróxido de potasio. Ella fue la única que realizó pruebas en el laboratorio de forma temprana, mientras que todos se encontraban ya sea investigando y/o evaluando aspectos propios del módulo. Ella empezó sus pruebas de laboratorio en febrero y las terminó a finales de junio. Sin embargo, después de junio, no realizó ninguna actividad en los siguientes tres meses y su módulo se vio fuertemente afectado, debido a mal entendidos con los objetivos específicos de su módulo. Esto ocasionó que en el mes de octubre terminara todo lo que tenía pendiente de forma apresurada.

José González tuvo un índice de desempeño de planificación del 67.74% y trabajó un total de 174 horas. Entre los riesgos que mencionó, nunca tuvo problemas con fugas ni con alguna pieza, el motor nunca explotó y consiguió los acoples Quick – Connect. Al inicio del Megaproyecto fue de los estudiantes que más desconcertado estuvo con respecto a su módulo. Se puede observar por ejemplo en su cronograma que en los primeros meses del primer semestre del año 2016 no se vea ninguna actividad realizada, pues los dedicó a evaluar aspectos del desarrollo de su módulo. Mostró cierto desconcierto al principio, sin embargo fue el primer estudiante de todo el equipo de Megaproyecto que terminó su módulo.

Bernond Chávez trabajó un total de 157 horas. Fue el estudiante que obtuvo el índice de desempeño de planificación más bajo: 19.05%. Sus riesgos sí se cumplieron, pues tuvo problemas para adquirir material y también para trabajar en el taller de su asesor. Fue el estudiante que más desconcertado estuvo al inicio del proyecto con relación al desarrollo de su módulo. Esto se puede ver en su cronograma. Tal como se observan en las Ilustraciones 9 y 10, este estudiante cambió por completo sus actividades, por lo que fue necesario crearle un segundo cronograma. Sin embargo, en su segundo cronograma se puede observar que a excepción de la última actividad, logró cumplir siempre con la línea base de cada una de sus actividades de su módulo. Al final, nuevamente encontró problemas, pues tuvo atrasos importantes en octubre, lo cual ocasionó que no entregara su trabajo.

En cuanto a Rocío Monterroso y Maholy Ruiz, a ambas se les asignó el mismo cronograma, pues realizaron las mismas actividades a excepción de las últimas dos. Tuvieron un índice de desempeño del 66.66% y trabajaron entre las dos un total de 235 horas. El riesgo mencionado en su módulo jamás se cumplió, pues los habitantes de Panimache V colaboraron bastante y

recibieron a las estudiantes tres veces para atender sus preguntas. Ellas empezaron bien en su módulo, sin embargo se vieron afectadas por la fecha en que se llevó a cabo la visita, pues al no poder ir a la comunidad, no podían recabar información y por ende, no podían trabajar. Es por esta razón que en el primer semestre del año 2016 de su cronograma no se presenta ninguna actividad. Fue hasta en el mes de julio que se concretó la primera visita a Panimache V. Esta se caracterizó por la asistencia de todos los integrantes del Megaproyecto. La segunda visita se realizó a principios de septiembre, pero a esta solo asistieron las estudiantes de Psicopedagogía. Una tercera se visita se realizó a principios de octubre, a la cual únicamente volvieron a asistir las estudiantes de Psicopedagogía. La segunda visita se realizó a principios de septiembre también un domingo de 9 a 11 de la mañana, pero a esta solo asistieron las estudiantes de Psicopedagogía. Una tercera se visita se realizó a finales de septiembre, a la cual únicamente volvieron a asistir las estudiantes de Psicopedagogía y el estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración. Una vez realizadas las tres visitas, ya empezaron a desarrollar los objetivos de sus módulos.

Diego Arriaza obtuvo un índice de desempeño de planificación del 70% y trabajó un total de 140 horas. Entre los riesgos mencionados se puede decir que hubo problemas para obtener los costos de investigación y que en el primer semestre del año 2016 no fue posible mantener un control sobre las actividades de los demás de forma correcta, pues la comunicación fue únicamente por Skype y celular. Fue hasta el segundo semestre, que por medio de las reuniones, se mantuvo un control estricto sobre el avance de los módulos. Al principio se empezó bien, pues logró hacer un cronograma para cada estudiante y pudo analizar la información de TECHO con detenimiento. Sin embargo, durante el primer semestre del año 2016, no se pudo realizar ninguna actividad, más que modificar el cronograma de todos y mantener control del cumplimiento del mismo, debido a que gran parte de del módulo dependía de la información de cada estudiante y de la visita realizada a Panimaché V. Esto dio como resultado que la mayor parte del trabajo se desarrollara en el segundo semestre. El desarrollo del módulo tuvo problemas en la parte de análisis de factibilidad por actividades que se presentaron que no se habían planificado, como, por ejemplo, la realización de una segunda visita a la comunidad para realizar mediciones de altura, que eran necesarias para determinar la bomba a comprar.

El Monitoreo se realizó de forma esporádica durante el primer semestre del año 2016, ya que, durante ese tiempo, la mayoría se encontraba aun evaluando aspectos de su módulo. Fue durante el segundo semestre, donde se realizó un control estricto sobre las actividades de cada uno de los módulos. Se realizaron reuniones semanales, como se solían hacer en el último semestre del año 2015, pero en estas la asistencia representaba un porcentaje de la nota del curso de "Taller de Megaproyecto 3". En estas reuniones ya no se presentaba el coordinador y en ellas se analizaban los avances conforme al plan de acción establecidos. En esta fase también se fueron controlando

los costos que se llevaban a cabo para conseguir el material necesario y las horas que cada estudiante dedicaba para desarrollar sus respectivas actividades. De esta forma se llevaba un control completo, tanto de los costos, como de la forma en que el tiempo se invertía para desarrollar el Megaproyecto.

Al final del Megaproyecto, todos, a excepción de un estudiante, entregaron su respectivo trabajo de graduación de su módulo y se realizó un consolidado con cada uno de ellos. Se presentaron los resultados y propuestas para el desarrollo de la siguiente fase de este Megaproyecto. Es importante destacar que esta fase no se incluyó en el cronograma, ya que no se tenían las fechas de entrega de trabajos de graduación ni presentación de resultados. Sin embargo, esta última fase se desarrolló a finales del mes de octubre y durante el mes de noviembre.

Como en todo proyecto, se presentaron problemas, los cuales sin embargo, tienen solución para no volver a caer en ellos en la tercera fase. En la planificación, tal como se mencionó anteriormente, hubo estudiantes que debieron replantear las actividades de sus módulos y sus objetivos, lo cual ocasionó atrasos importantes en el desarrollo de su módulo. Esto se debió a que este Megaproyecto como tal, está lidiando con el desarrollo de una nueva tecnología, lo que implica que sea difícil definir los pasos a seguir para llevarla a cabo, pues aún hay mucho por realizar y por descubrir. Además, vale la pena mencionar que este Megaproyecto está apenas en su segunda fase, es decir, está apenas comenzando, por lo que será hasta en las siguientes fases donde se lleve a cabo un Megaproyecto más ordenado y con etapas a realizar más definidas. Como solución se puede proponer que, al principio del Megaproyecto, tanto el estudiante, su Director de Departamento y el coordinador realicen al menos una reunión, con el objetivo de plantear mejor el desarrollo del módulo del estudiante y que las tres partes lleguen a un acuerdo, así como conseguir un asesor lo antes posible.

En cuanto al control, En el primer semestre del año 2016 casi no se realizaron reuniones grupales y por ende, no hubo control sobre el desarrollo de los módulos. Esto se debió a que los módulos aún no se encontraban bien planteados, por lo que, si se hubieran realizado reuniones grupales, no se hubiera discutido nada. Cada estudiante se dedicó en ese primer semestre para definir bien su módulo y para ello sí se llevaron a cabo reuniones individuales con el coordinador con motivo de orientación y aprobación de las actividades que se llevarían a cabo. Las reuniones grupales, sin embargo, sí eran necesarias, pues se debía llevar un control sobre los avances de los módulos. En el segundo semestre, por lo tanto, se volvieron a realizar y en ellas los estudiantes

compartían sus avances y los materiales que estaban utilizando en cada una de sus pruebas. No obstante, fue necesario al principio otorgar una calificación a la asistencia de las reuniones para motivar a los estudiantes a llegar a las mismas. Conforme pasó el tiempo, los integrantes ya no llegaban por su calificación sino por interés personal en reunirse.

Al final de cada reunión, se redactaba un documento que incluía normalmente los avances de los integrantes, su asistencia a la reunión y los temas hablados. Un ejemplo de este informe se puede encontrar en la sección de Gestión de Proyectos de los Anexos. Luego se procedía a verificar las actividades realizadas en el cronograma de Microsoft Project. Una imagen de este cronograma se puede encontrar también en la sección de Gestión de Proyectos de los Anexos, específicamente en la Ilustración 18. Esta forma de trabajar, propició que mejorara la armonía en el grupo, se mejorara la comunicación y la colaboración entre todos y que el seguimiento del cronograma de cada uno de los módulos fuera más fácil. Gracias a esta nueva medida, las estudiantes de Psicopedagogía, por ejemplo, lograron recabar toda la información que necesitan de los módulos de Ingeniería Química para poder realizar tanto la línea base de los conocimientos requeridos para usar la unidad, como el diseño del manual. Antes de que se aplicara esta medida, a ellas les costó bastante comunicarse con los demás integrantes. También gracias a esta medida, fue posible organizar la primera visita a la comunidad de Panimache V, la cual se había postergado bastante.

La dependencia entre módulos fue un factor importante. Los módulos de Ingeniería Química y Mecánica son módulos independientes, es decir, no dependen de otros módulos para desarrollar el suyo. El módulo de Psicopedagogía y el módulo de Ingeniería en Ciencia de la Administración, en cambio, sí dependían de los demás módulos para poderse desarrollar. Si bien es cierto que las reuniones grupales ayudaron a que todos los módulos estuvieran enterados del desarrollo de los demás módulos, se dio la situación que en el mes de octubre la estudiante de Ingeniería Química se atrasó con su módulo, lo cual tuvo como consecuencia que los módulos dependientes también se atrasaran y debieran trabajar de forma apresurada para poder entregar su trabajo escrito en la fecha establecida. Esto se puede solucionar de varias formas. Primero, se puede otorgar más tiempo de entrega a los estudiantes que dependan de otros módulos. Segundo, se puede calificar el avance de cada uno de los módulos, para que en caso haya atrasos, estos se puedan castigar con puntos, media vez estos no sean justificados. O bien, en lugar de calificar los avances de cada estudiante, los estudiantes de los módulos dependientes deben velar por el cumplimiento y colaboración de los módulos independientes y presentar una queja en caso no reciban apoyo.

IX. CONCLUSIONES

A. Se propone trabajar como electrolito el coluro de sodio yodado (sal común) (NaCl), al cual los habitantes de la comunidad pueden acceder fácilmente y su manipulación es menos peligrosa e igualmente su contaminación al ambiente es menor que a la del hidróxido de potasio (KOH), con una matriz de selección que se puede observar en la Tabla No. 13 en el apartado de resultados.

B. Se propuso un diseño de la celda electrolítica, basado en el diseño de una empresa dedicada a realizar celdas electrolíticas, cambiando el sistema de arreglo de placas dentro de la celda para aumentar el área de superficie para aumentar el flujo de producción de hidrógeno, que se puede ver el diseño en las ilustraciones No. 8, 9 y 10, en el apartado de resultados.

C. Se determinó con el diseño de la celda electrolítica propuesta, un tiempo necesario para producir 10g de hidrógeno 1.31 horas por lo que se necesitarían 40 celdas del diseño propuesto para lograr producir los 10g de hidrógeno en 2 minutos, que es el tiempo en que el motor de combustión puede funcionar.

D. Con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas se estableció que la concentración de electrolito para operar en la celda propuesta esté en un rango de [5-8] Molar que es igual a [292 - 467] g de NaCl/ L de orina de los habitantes de la comunidad; el voltaje a utilizar sea de 9V, ya que la producción de hidrógeno a partir de este voltaje no tiene un gran cambio en comparación con la energía requerida; el tiempo determinado para la operación de la celda electrolítica es de 35 minutos (gráfica No. 4 y 6) porque a partir de este tiempo para mantener constante la corriente eléctrica, por lo tanto el flujo de hidrógeno, se necesitaría aplicar más voltaje, por lo que aumentaría la energía requerida.

E. El distribuidor “manifold” proporciona una confiabilidad del 81%, utilizando hidrógeno como combustible y una pieza de acople de diámetro de 1 ¼ de entrada de aire. Utilizando la pieza de diámetro de 1 ½ su confiabilidad es del 0%.

F. El arrestador de llama, elaborado a partir de una carcasa de filtro cumple con la presión que genera la llama de la combustión del hidrógeno, además este material está disponible en el mercado y a un costo de Q395.00

G. Para operar el motor Honda GX-120 2.6 min con aproximadamente 10g de hidrógeno en el tanque Worthington, se deben fijar las revoluciones por minuto a 2200.

H. Para operar el motor Honda GX-120 2 min con aproximadamente 10g de hidrógeno en el tanque Worthington, se deben fijar las revoluciones por minuto a 2700.

I. Para operar el motor Honda GX-120 1.5 min con aproximadamente 10g de hidrógeno en el tanque Worthington, se deben fijar las revoluciones por minuto a 3200.

J. Utilizando las curvas características de la bomba marca Honda modelo WB20XT del Gráfico 3, el motor Honda GX-120 operando a 2200 RPM puede bombear 0.6 m³ en 2.6 min, operando a 2700 RPM puede bombear 0.5 m³ en 2 min y operando a 3200 RPM puede bombear 0.4 m³.

K. Al finalizar el proceso de la aplicación y calificación de las pruebas que fueron aplicadas a los posibles candidatos al manejo de la unidad en la comunidad de Panimaché V, se determina que el nivel educativo no es apto para el manejo de la unidad que se propone en este megaproyecto.

L. Los resultados globales obtenidos en las pruebas por los posibles candidatos al manejo de la unidad son: en la prueba de Razonamiento Mecánico obtuvieron un 12% en Relaciones Espaciales un 1.3% en Razonamiento Abstracto un 2.3% y en Velocidad y Exactitud un 19%.

M. La mayoría de personas que fueron evaluadas no terminaron la primaria por lo que es importante tomarlo en cuenta para posteriores intervenciones.

N. El idioma materno de las personas que participaron en este estudio, es el Quiché, por lo que los resultados en las pruebas pueden deberse a la falta de dominio del idioma español, idioma con el que están redactadas las pruebas.

O. El manual diseñado en este módulo cumple con el objetivo según la validación de los expertos, pero es necesario elaborar un manual específico para la comunidad de Panimaché V, cuando la unidad esté terminada.

P. Al aplicar la metodología de juicio de expertos se pudo evidenciar necesidades que presenta el manual, además de requerimientos específicos de cada área que se presenta.

Q. Es necesario tener una unidad determinada, para poder realizar una propuesta educativa que se rija a las necesidades del Megaproyecto y las de la comunidad de Panimaché V.

R. Para esta segunda fase, todos tuvieron un índice de desempeño de planificación entre 66% y 72%, a excepción del estudiante de Ingeniería Mecánica, el cual fue de 19.05%.

S. Los costos totales de investigación estimados fueron de Q70,793.14.

T. Las mochilas Aguapac podrían considerarse como una alternativa para resolver la problemática de agua en la comunidad de Panimache V, pero de forma parcial. Además, habría que reponerlas cada dos años, lo cual implica realizar inversiones altas en pocos intervalos de tiempo.

U. Hasta que las personas en Panimache V estén bien capacitadas y educadas, no se podrá instalar ni la Unidad con gasolina ni la Unidad Megaproyecto. Para cuando las personas se encuentren, ya se evaluará cuál de las alternativas se instalará, lo cual dependerá de los avances realizados en la Unidad Megaproyecto.

V. La Unidad con gasolina es la mejor alternativa de las que están presentes en este trabajo, pues no requiere salidas de dinero significativas en el futuro, es fácil de usar, es la más eficaz y las capacitaciones y control sobre su uso no serían tan rigurosos.

W. La Unidad Megaproyecto tiene gran potencial para ser un producto innovador y ya en esta segunda fase logró reducir costos de forma significativa en los paneles solares y baterías. El costo estimado para desarrollar la unidad de producción de hidrógeno a través de la electrólisis de orina humana es de aproximadamente Q41,500.00, mientras que en la Fase I se estimó que costaría Q5,682,794.70

X. RECOMENDACIONES

A. Se recomienda determinar experimentalmente la composición de la orina al finalizar el proceso de electrólisis, para proponer un sistema adecuado de desecho de este líquido, basándose en su composición final. Porque este es un punto importante a tomar en cuenta al momento que el sistema sea instalado en la comunidad de Panimache V, Quiché ya que al aumentar la concentración de sal en el agua afecta a las especies que habitan ahí y también si se aumenta la concentración de sal en la tierra de cultivo puede afectar la producción del mismo.

B. Se recomienda, para la realización de más pruebas a nivel laboratorio, que se aumente la cantidad de placas de níquel en el sistema y determinar cuál es el comportamiento de las variables medidas y establecidas en este trabajo, para tomarlas en cuenta en la construcción de un prototipo de la celda electrolítica antes de ser implementada en la comunidad de Panimaché V, Quiche.

C. Modificar el sistema de suministro de hidrógeno para que trabaje a demanda y no sea necesario utilizar un método manual para abrir o cerrar válvulas de suministro de combustible al motor. Se puede utilizar un amortiguador (dámper), con alguna conexión a la empuñadura del motor para que permita la entrada del aire al motor.

D. Realizar pruebas con inyección directa de hidrógeno. A pesar de que utilizando el sistema utilizado en el estudio presenta una confiabilidad del 81%, vale la pena realizar pruebas con inyección directa ya que de esta manera se eliminaría cualquier tipo de retraso de llama y la eficiencia del motor aumentaría.

E. Realizar pruebas con una válvula reguladora de aire, de esta manera se podría hacer un tipo de acelerador manual, para luego poder escalarlo.

F. Realizar un análisis de eficiencia del motor Honda GX-120 y el sistema utilizado en este estudio.

G. La presión de alimentación de hidrógeno debe estar entre 115,111 y 135,790 Pa (2-5 psig).

H. Se recomienda realizar un análisis de esfuerzos utilizando la pieza de acople que sustituyó al carburador y además un análisis de materiales de la misma debido a que esta tiene una masa de 1.1kg, la cual puede perjudicar al motor con el uso del mismo.

I. Se recomienda modificar el diseño de la pieza de acople al motor para que esta permita un incremento en el índice de confiabilidad de los intentos (73%) debido a que se debe de mejorar el arranque. Esto se podría realizar haciendo una especie de tobera para que el hidrógeno ingrese directamente a la cámara de combustión y no exista la posibilidad de un retraso de llama dentro de la pieza de acople.

J. Se recomienda analizar la posibilidad de utilizar presiones mayores en el tanque Worthington, de esta manera se podrían almacenar más de 10g de hidrógeno y por ende, el motor Honda GX-120 podría estar funcionando más tiempo.

K. Para el diseño de la unidad final, se recomienda analizar la presión con la que genera la celda el hidrógeno y si es necesario, considerar algún compresor para que el tanque almacene el mismo a la presión establecida.

L. Se recomienda preparar capacitaciones dirigidas al personal que estará a cargo de la unidad para que puedan conocer más afondo el uso correcto, el mantenimiento y precauciones que debe de tener.

M. Para continuar con el megaproyecto es importante desarrollar actividades que ayuden al desarrollo de las áreas básicas necesarias para la implementación de la unidad en la comunidad.

N. Estar en constante comunicación con la comunidad para poder apoyarlos y darle respuesta inmediata a cualquier duda que pueda surgir.

O. Realizar una adaptación del manual para la implementación en la comunidad.

P. Al contar con un manual específico para la comunidad es necesario realizar una validación de campo, para conocer la aplicabilidad del mismo.

Q. Al momento de realizar un manual gráfico para la comunidad de Panimaché V, es necesario incluir capacitaciones para asegurarse del aprendizaje del uso de la unidad.

R. Realizar una validación con pares, estudiantes de Psicopedagogía sobre la estructura del manual.

S. Realizar al menos una reunión durante el primer semestre de Megaproyecto entre el estudiante, su Director de Departamento y el coordinador, la cual la debe organizar el estudiante, con el objetivo de plantear el desarrollo y los pasos del respectivo módulo y que las tres partes lleguen a un acuerdo.

T. Se recomienda que sea obligatorio conseguir asesor durante el primer semestre de Megaproyecto y en caso no cumplirse este requisito, no aprobar el curso de “Taller de Megaproyecto 1”. Esto con el objetivo que el asesor ayude también al estudiante a desarrollar los pasos de su módulo de forma temprana. El estudiante puede también organizar una reunión con su asesor y coordinador.

U. Es deseable calificar asistencia a reuniones, avances y colaboración entre los estudiantes en los tres cursos de “Taller del Megaproyecto”, con el objetivo de llevar un mejor desarrollo del Megaproyecto.

V. Es importante que los estudiantes que dependen de otros para realizar su módulo, les sea concedido más tiempo para entregar su trabajo de graduación,

W. La celda es el elemento más ineficiente de la unidad y la que más costos genera, por lo que debe darse prioridad a mejorarla y hacerla más eficiente en la tercera fase del Megaproyecto.

X. Buscar maneras de recaudar fondos para instalar la unidad en Panimache V y evaluar como mantenerla funcionando mediante un modelo sostenible o con ayuda de una ONG:

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Acrilfrasa*. (27 de octubre de 2016). Obtenido de <http://www.acrilfrasa.mx/Acrylic-Polycarbonate-Venta.php>
- Adam, F. (1977). *Desarrollo humano, pedagogía y andragogía*. Caracas: Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez.
- Aiken, L. (2003). *Test psicológicos y evaluación*. México: Pearson.
- Asoven*. (26 de octubre de 2016). Obtenido de <http://www.asoven.com/pvc-asoven.php>
- Atkins, P. (2008). *Química Inorgánica*. México: McGraw-Hill.
- Barila, D., Llansa, M., Bossolasco, M., Hughes, W., Soria, G., Koloodka, P., & Münnemann, A. (2008). *Adaptación de un Motor de Combustión Interna para usar Hidrógeno como Combustible*. Patagonia, Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
- Batres, L. (2005). *Mejora en el suministro de energía para un sistema de electrólisis en la producción de hipoclorito de sodio*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica*. México D.F.: McGraw Hill.
- Boggs, B. (2009). *Urea electrolysis: direct hydrogen production from urine*. USA: Department of Chemical and Biomolecular Engineering.
- Bosh, R. (2005). *Manual de la técnica automóvil*. Alemania: Posrfach.
- Cabero, A., & Llorente, M. (2013). La Aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las Tecnologías de la Investigación (TIC). *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*.
- Carreras, R., Flórez, J., Callejón, I., Carrera, X., Balsells, D., Bonet, O., . . . Casanovas, J. (2006). *Motores Alternativos de Combustión Interna*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Castillo, P. (2006). *Mediación Pedagógica en el Espacio de la Comunicación Municipal*. Obtenido de <http://prietocastillo.com/textos/2/Mediaci%C3%B2npedag%C3%B3gicaenelespaciodelacomunicaci%C3%Benmunicipal.pdf>
- Chang, R. (1999). *Química*. México: McGraw-Hill.
- College of the Desert. (2001). *Hydrogen Use In Internal Combustion Engines*. Riverside County: College of the Desert.

- Consejo mundial de la Energía. (2010). *Consejo Mundial de la Energía*. Consejo Mundial de la Energía.
- Díaz, L. F. (2005). *Análisis de planteamiento con aplicaciones a la organización policial*. San José: Universidad Estatal a Distancia.
- EcuRed*. (25 de octubre de 2016). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Diuresis>
- Enactus. (2014). *Descripción del Proyecto Aguapac*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Endvawnow. (20 de marzo de 2008). *Endvawnow*. Obtenido de ONU Mujeres: <http://www.endvawnow.org/es/articulos/959-estudios-de-linea-de-base.html?next=960>
- Ercros. (2 de Noviembre de 2012). *Resumen de seguridad GPS*. Obtenido de http://www.ercros.es/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=1102&lang=es
- Escobar, J., & Cuervo, A. (s.f.). *Validez de Contenido y Juicio de Expertos: Una aproximación a su utilización*. Obtenido de Avances en Medición: http://ww.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/85744/5708/Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf
- Evek GmbH*. (26 de octubre de 2016). Obtenido de . <http://www.evek.es/nikelirovannaya-latun.html>
[27]
- Flores, M. (2015). *Ajuste de un motor Honda GX-120 para utilizar hidrógeno como combustible*. Guatemala, Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- García, M. (2011). *Fuente ininterrumpida de energía a base de hidrógeno*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Gutiérrez, L. (2005). *El Hidrógeno, Combustible del Futuro*. Madrid, España: Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica.
- Happel, J., & Jordan, D. (1981). *Economía de los Procesos Químicos*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Hepler, L. (5 de Noviembre de 1968). *Principios de Química*. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=VbTd7jV8Fo0C&pg=PA83&dq=ley+de+gases+ideales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjCz4DIsqbQAhXmz4MKHdyWdf4Q6AEIMzAE#v=onepage&q=ley%20de%20gases%20ideales&f=false>
- Honda. (s.f.). *GX 120 Horizontal Shaft Gasoline Engine*. Honda.

- Honda. (s.f.). *Manual de Explicaciones Honda WB20XT*. Honda.
- Horngren, C. T., & Datar, S. M. (2012). *Contabilidad de Costos: Un enfoque gerencial*. México D.F.: Pearson Prince Hall.
- Kern, D. (1999). *Procesos de Transferencia de Calor*. México DF., México: McGraw Hill Book Company, Inc.
- Kosar, M., Ozdalyan, B., & Belik, B. (2011). The Usage of Hydrogen for Improving Emissions and Fuel Consumption in a Small Gasoline Engine. *Journal of Thermal Science and Technology*, 101-108.
- Kuznetsov, M. (2005). Effect of Pressure and Temperature on Flame Acceleration. *European Combustion Meeting 2005* (págs. 1-5). Bélgica: The Belgian Section.
- Lau, R. (2015). *Clasificación de Costos de Investigación, Desarrollo y Producción e Identificación de Clientes Potenciales para la Unidad de Generación de Energía a partir de la Electrólisis de Orina Humana*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Lilik, G. (2007). *Mixing Length of Hydrogen in an Air Intake*. Estados Unidos: EGEE 520.
- Maldonado, O. (Agosto-Octubre de 2016). Abastecimiento de agua en Panimache V. (D. Arriaza, Entrevistador)
- Manufacturers, A. o. (26 de octubre de 2016). Obtenido de Plastics Europe: <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/types-of-plastics-11148/engineering-plastics/abs.aspx>
- Melgar, L. R. (2014). *Panimache V y sus Mujeres*. Guatemala: Techo IIDH.
- MEM. (2010). *Informe de Balance Energético 2010*. Guatemala: Ministerio de Energía y Minas.
- Montero, L. (s.f.). *Propuesta Pedagógica*. Obtenido de Liceo Montero: <http://www.liceomontero.edu.pe/varios/PROPUESTAPEDAGOGICA.doc>
- Mundo Solar*. (24 de octubre de 2016). Obtenido de <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/cuales-la-vida-util-de-un-panel-solar/>
- Natale, M. (2003). *La Edad Adulta: Una nueva etapa para educarse*. Madrid, España: Narcea.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño de trabajo*. México D.F.: McGraw Hill.
- NKUDIC. (18 de Octubre de 2009). *The Kidneys and how they worl*. Obtenido de https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/anatomia/los-rinones-y-como-funcionan/Documents/YourKidneys-SP_508.pdf

- Otero, L. (2006). *Gestión de proyectos: Elementos básicos a tener en cuenta como punto de partida para realizar eficazmente su proyecto*. Vigo: Ideaspropias Editorial.
- Papalia D, O. S. (12 de febrero de 2005). *Desarrollo Humano*. México : Mc Graw - Hill .
- Pedroso, M. e. (2013). *Implementación de Mochila Transportadora de Agua como un Medio de Desarrollo en Comunidades Rurales de Totonicapán, Guatemala*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Pérez, A. (2010). *Ingeniería del Medio ambiente*. Alicante, España: Editorial Club Universitario.
- Plus, H. (5 de Noviembre de 2016). *Generadores HHO*. Obtenido de <http://www.hho-plus.com/hho-es>
- Polietileno del Sudeste*. (26 de octubre de 2016). Obtenido de <http://www.polietilenodelsudeste.com/polietileno-para-la-construccion.html>
- Prieto, C. (2006). *Métodos y técnicas de investigación social*. Perú: Pacífico.
- Project Management Institute, I. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Pensylvania.
- Putnam, D. F. (1971). *Composition and Concentrative Properties of Human Urine*. Washington, D. C.: National Aeronautics and Space Administration.
- Riego, L. (9 de Febrero de 2016). *HHO DryCell*. Obtenido de <http://agrupasuma.com/profiles/blogs/otras-hho-dry-cell>
- Robles, P. (2016). *La validación por juicio de expertos*. Obtenido de https://nebrija.com/revista-linguistica/files/articulosPDF/articulo_55002aca89c37.pdf
- Smoljje, A. (2012). *La gestión de los costos de investigación y desarrollo*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Thompson, G. (21 de Junio de 2016). *HHO Generator: Water of Fuel Converter*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=cqjn3mup1So>
- Uquillas, A. (5 de enero de 2016). *Manual Metodológico para el levntamiento de la línea base para proyectos*. Madrid, España.
- Verdoy, P. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: Teoría y Aplicaciones*. Castellón de la Palma: Universitat Jaume I.
- Verhelst, S., & Wallner, T. (2009). *Hydrogen-Fueled Internal Combustion Engines*. *Progress in Energy and Combustion Science*, 490-527.

White, C., Steeper, R., & Lutz, A. (2006). The Hydrogen-Fueled Internal Combustion Engine: A Technical Review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1292-1305.

Zamora, M. (2015). *Diseñar un prototipo de una celda electrolítica que opere con orina humana utilizando un electrolito que sea de fácil acceso y que no sea tóxico, para la producción de hidrógeno fase II*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

XII. ANEXOS

A. Datos originales

Tabla 34 Pruebas 1 a 5 de arranque de motor con pieza 1 ¼

| Aspecto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Arranque | 8 | 4 | 12 | 5 | 7 |
| Revoluciones | 2208 | 2180 | 2360 | 2340 | 2355 |
| Tiempo encendido (s) | 157.78 | 159.74 | 132.49 | 155.44 | 144.65 |
| Tiempo estable | 135.00 | 148.40 | 126.30 | 130.88 | 140.44 |
| Velocidad Aire (m/s) | 1.09 | 1.23 | 1.37 | 1.35 | 1.40 |
| Flujo de aire (m ³ /s) | 8.63E-04 | 9.74E-04 | 1.08E-03 | 1.07E-03 | 1.11E-03 |
| Flujo de aire (kg/s) | 1.02E-03 | 1.15E-03 | 1.29E-03 | 1.27E-03 | 1.31E-03 |
| Flujo H ₂ (kg/s) | 3.18E-05 | 3.58E-05 | 3.99E-05 | 3.93E-05 | 4.08E-05 |
| Tiempo teorico (s) | 314.86 | 279.02 | 250.51 | 254.22 | 245.14 |
| Eficiencia en tiempo | 50.11% | 57.25% | 52.89% | 61.14% | 59.01% |

Tabla 35 Pruebas 6 a 11 de arranque de motor con pieza 1 ¼

| Aspecto | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|
| Arranque | 5 | 14 | No encendió | 8 | 7 | 4 |
| Revoluciones | 2351 | 3508 | No encendió | 2680 | 2430 | 2438 |
| Tiempo encendido (s) | 146.34 | 104.50 | No encendió | 119.09 | 122.98 | 120.36 |
| Tiempo estable | 140.93 | 98.80 | No encendió | 113.22 | 110.54 | 96.29 |
| Velocidad Aire (m/s) | 1.38 | 2.08 | No encendió | 1.93 | 1.59 | 1.64 |
| Flujo de aire (m ³ /s) | 1.09E-03 | 1.65E-03 | No encendió | 1.53E-03 | 1.26E-03 | 1.30E-03 |
| Flujo de aire (kg/s) | 1.30E-03 | 1.95E-03 | No encendió | 1.81E-03 | 1.49E-03 | 1.54E-03 |
| Flujo H ₂ (kg/s) | 4.02E-05 | 6.06E-05 | No encendió | 5.62E-05 | 4.63E-05 | 4.78E-05 |
| Tiempo teorico (s) | 248.69 | 165.00 | No encendió | 177.82 | 215.84 | 209.26 |
| Eficiencia en tiempo | 58.84% | 63.33% | No encendió | 66.97% | 56.98% | 57.52% |

Tabla 36 Especificaciones de las líneas de flujo

| Código | Descripción | Tamaño | Marca | Especificaciones |
|---------------|--|---------------|---------------|-------------------------|
| L-C | Línea de llenado Tanque H ₂ | 1/4" | BOSTON - FLEX | 7192250-300 X 300 psi |
| L-V | Línea de Vacío | 3/8" | - | KTM130222 |
| L-M | Línea de Suministro H ₂ a Motor | 3/8" | - | KTM130222 |

Tabla 37 Especificaciones de equipo del sistema

| Código | Descripción | Marca | Especificaciones |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------|--|
| Tanque H ₂ | Tanque de almacenaje de hidrógeno | Worthington | 20lb de propano |
| | Tanque principal de hidrógeno | Productos del aire | Hidrógeno UHP 5, 96.8 L a 2,000 psi |
| A-1 | Arrestador de Llama | WITT | F100-17N-ES 17 bar |
| A-2 | Arrestador de Llama | -OMNIFILTER | Modelo OBI presión máxima de 125 psi y Temperatura máxima de 100°F |
| Motor | Motor de combustión interna | HONDA | GX-120 |

Tabla 38 Especificaciones de las válvulas utilizadas

| Código | Descripción | Tamaño | Marca | Material | Especificaciones |
|---------------|-------------------------------------|---------------|--------------|---------------------|--|
| V-1 | Válvula de bola | 3/8" | SENA | Acero Inoxidable | DN 10, PN 30 |
| V-2 | Válvula de cheque | 1/4" | APOLLO | Acero Inoxidable | J M 125-S, 400-CWP |
| V-3 | Válvula de bola | 3/8" | SENA | Acero Inoxidable | DN 10, PN30 |
| V-4 | Válvula de cheque | 1/4" | TOYO | Bronce | 125-2, 200 WOG |
| V-5 | Válvula reguladora de presión | 1/4" | HONGYE | Bronce | Entrada 0-2000 psi Salida 0-500 psi |
| V-6 | Válvula de aguja | 1/4" | PN32 | Bronce | Crane D-71 |
| V-7 | Válvula reguladora de presión | 1/4" | - | Bronce | Entrada 0-230 psi Salida 0-160 psi |
| V-8 | Válvula de cheque | 1/4" | TOYO | Bronce | DN 10, PN 30 |
| V-9 | Válvula del tanque | - | Worthington | - | - |

Tabla 39 Especificaciones de equipo de medición

| Descripción | Marca | Modelo | Rango |
|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| Anemómetro | ALNOR | AVM430-A | 0-100 m/s |
| Tacómetro láser | EXTECH | 461920 | 2 – 99,999 rpm |
| Cronómetro | CASIO | HS-3 | 0 – 99 h |

B. Materiales, equipos y reactivos utilizados durante las pruebas

Tabla 40 Flujos máxicos de hidrógeno a distintos diámetros

| | Diámetro H2 | Presión H2 (Pa) | Tm (K) | P vacío (Pa) | AH2 (m2) | m H2 (kg/s) |
|------|-------------|-----------------|--------|--------------|-------------|-------------|
| 1/4) | 0.00635 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 3.16692E-05 | 1.7136-05 |
| | 0.00635 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 3.16692E-05 | 2.1043E-05 |
| | 0.00635 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 3.16692E-05 | 2.1043E-05 |
| | 0.00635 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 3.16692E-05 | 2.1043E-05 |
| | 0.00635 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 3.16692E-05 | 2.1043E-05 |
| 3/8) | 0.009525 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 7.12557E-05 | 0.0000473 |
| | 0.009525 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 7.12557E-05 | 0.0000473 |
| | 0.009525 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 7.12557E-05 | 0.0000473 |
| | 0.009525 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 7.12557E-05 | 0.0000473 |
| | 0.009525 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 7.12557E-05 | 0.0000473 |
| 1/2) | 0.0127 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 0.000126677 | 0.0000841 |
| | 0.0127 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 0.000126677 | 0.0000841 |
| | 0.0127 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 0.000126677 | 0.0000841 |
| | 0.0127 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 0.000126677 | 0.0000841 |
| | 0.0127 | 121,590.00 | 298.15 | 62,648.27 | 0.000126677 | 0.0000841 |

Tabla 41 Flujos máxicos de aire y relaciones aire combustible a distintos diámetros

| | Diámetro aire (m) | Presión aire (Pa) | A aire (m ²) | m aire (kg/s) | RAC |
|-------|-------------------|-------------------|--------------------------|---------------|-------------|
| 3/8 | 0.009525 | 101,325.00 | 7.12557E-05 | 0.00013724 | 8.008887824 |
| ½ | 0.012700 | 101,325.00 | 0.000126677 | 0.000243982 | 11.59432075 |
| 1 | 0.025400 | 101,325.00 | 0.000506707 | 0.000975929 | 46.377283 |
| 1 1/4 | 0.031750 | 101,325.00 | 0.00079173 | 0.001524888 | 72.46450468 |
| 1 1/2 | 0.038100 | 101,325.00 | 0.001140092 | 0.002195839 | 104.3488867 |
| 3/8 | 0.009525 | 101,325.00 | 7.12557E-05 | 0.00013724 | 2.898580187 |
| 1/2 | 0.012700 | 101,325.00 | 0.000126677 | 0.000243982 | 5.153031444 |
| 1 | 0.025400 | 101,325.00 | 0.000506707 | 0.000975929 | 20.61212578 |
| 1 1/4 | 0.031750 | 101,325.00 | 0.00079173 | 0.001524888 | 32.20644653 |
| 1 1/2 | 0.038100 | 101,325.00 | 0.001140092 | 0.002195839 | 46.377283 |
| 3/8 | 0.009525 | 101,325.00 | 7.12557E-05 | 0.00013724 | 1.630451355 |
| 1/2 | 0.012700 | 101,325.00 | 0.000126677 | 0.000243982 | 2.898580187 |
| 1 | 0.025400 | 101,325.00 | 0.000506707 | 0.000975929 | 11.59432075 |
| 1 1/4 | 0.031750 | 101,325.00 | 0.00079173 | 0.001524888 | 18.11612617 |
| 1/2 | 0.038100 | 101,325.00 | 0.001140092 | 0.002195839 | 26.08722169 |

C. Gestión de proyectos

1. Visualización y desarrollo del Megaproyecto

Figura 38 Inicio de Megaproyecto

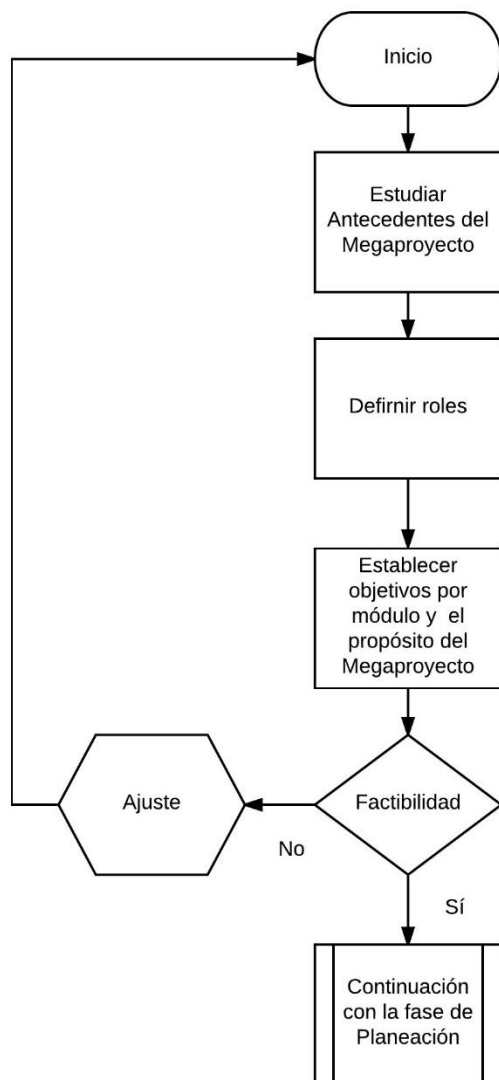


Figura 39 Planificación de Megaproyecto

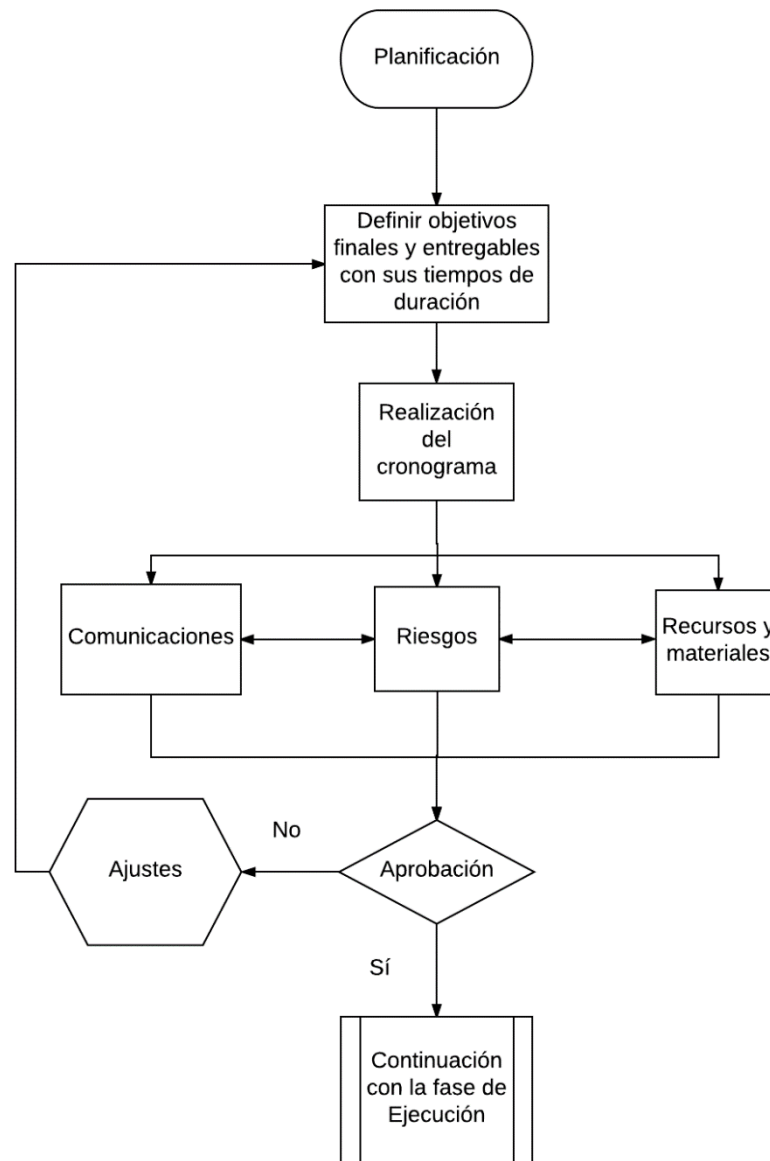


Figura 40 Ejecución de Megaproyecto

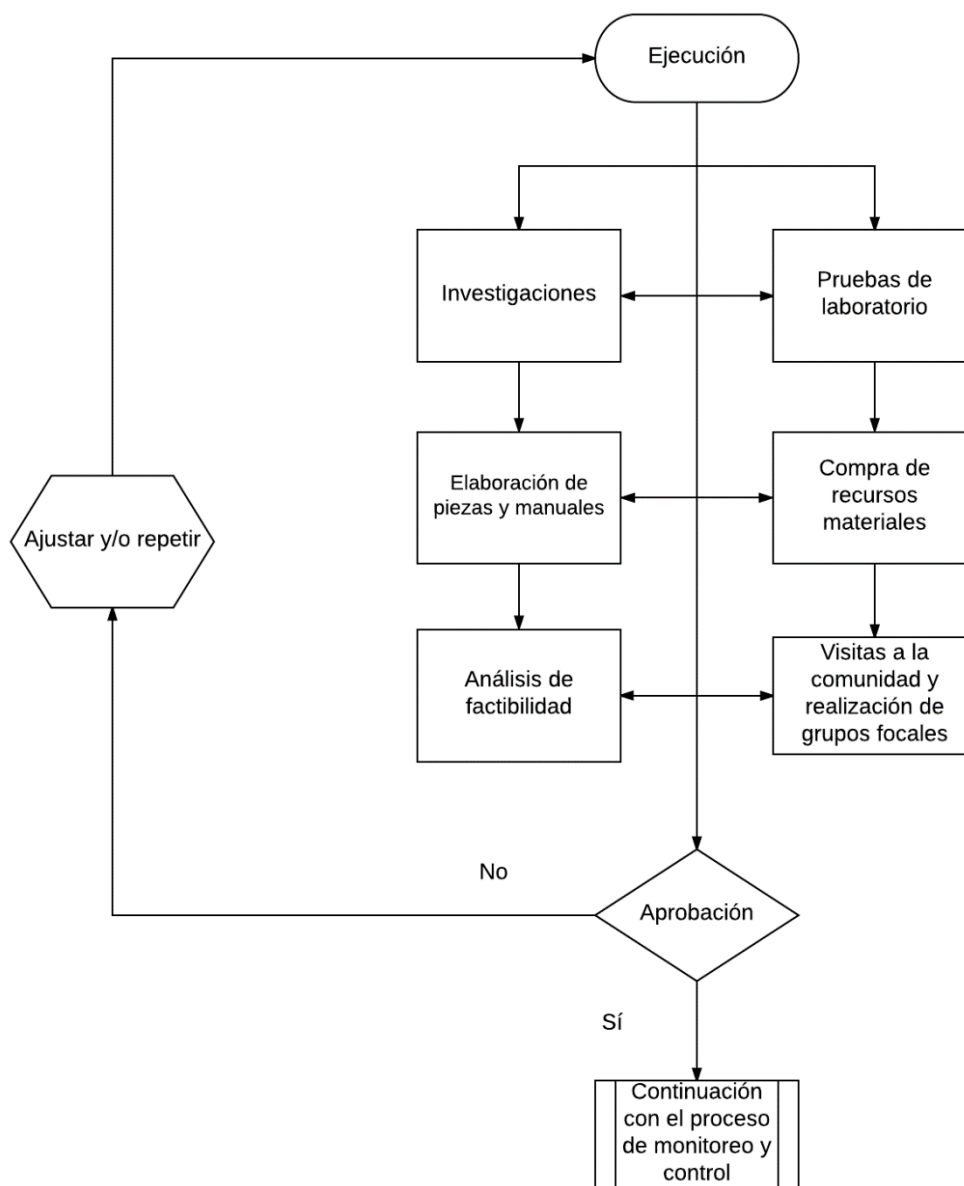


Figura 41 Monitoreo y control de Megaproyecto

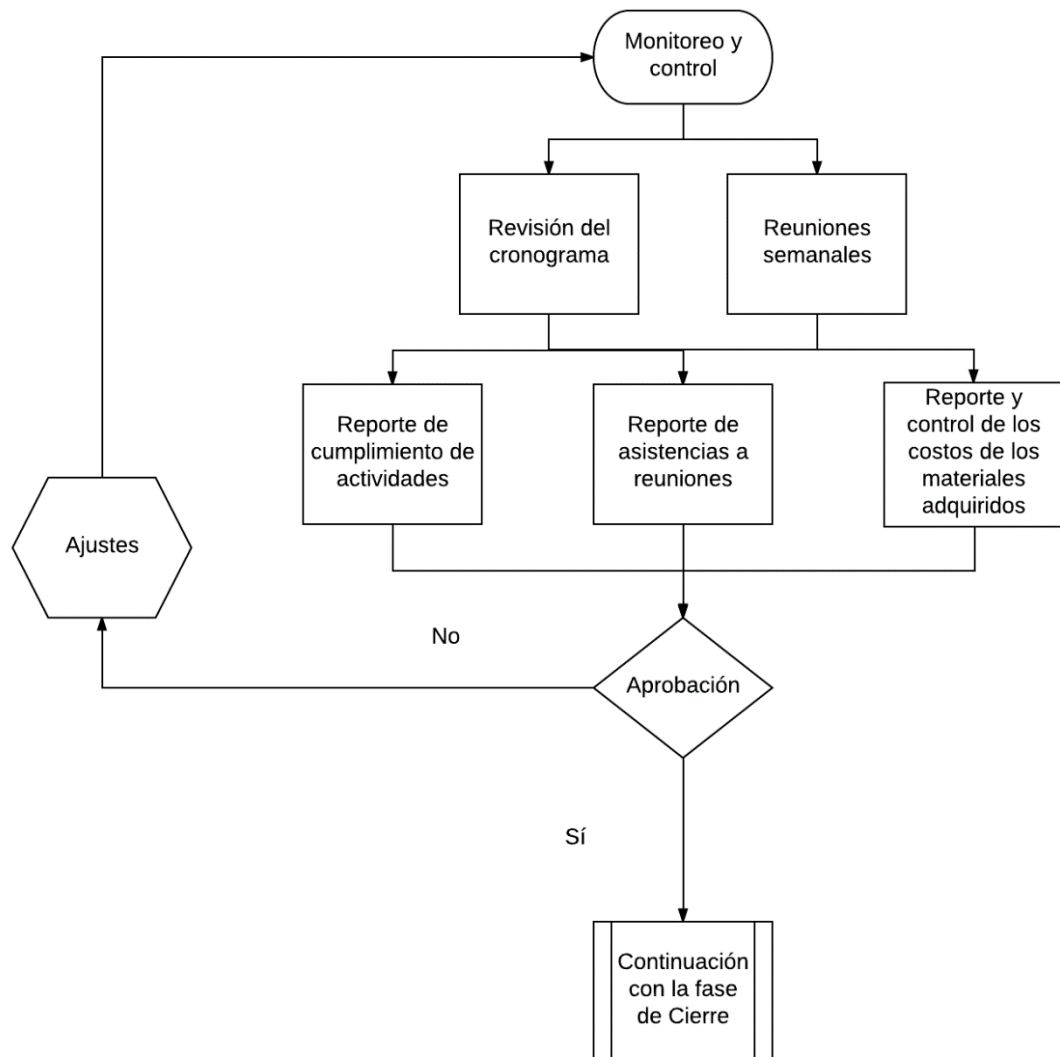
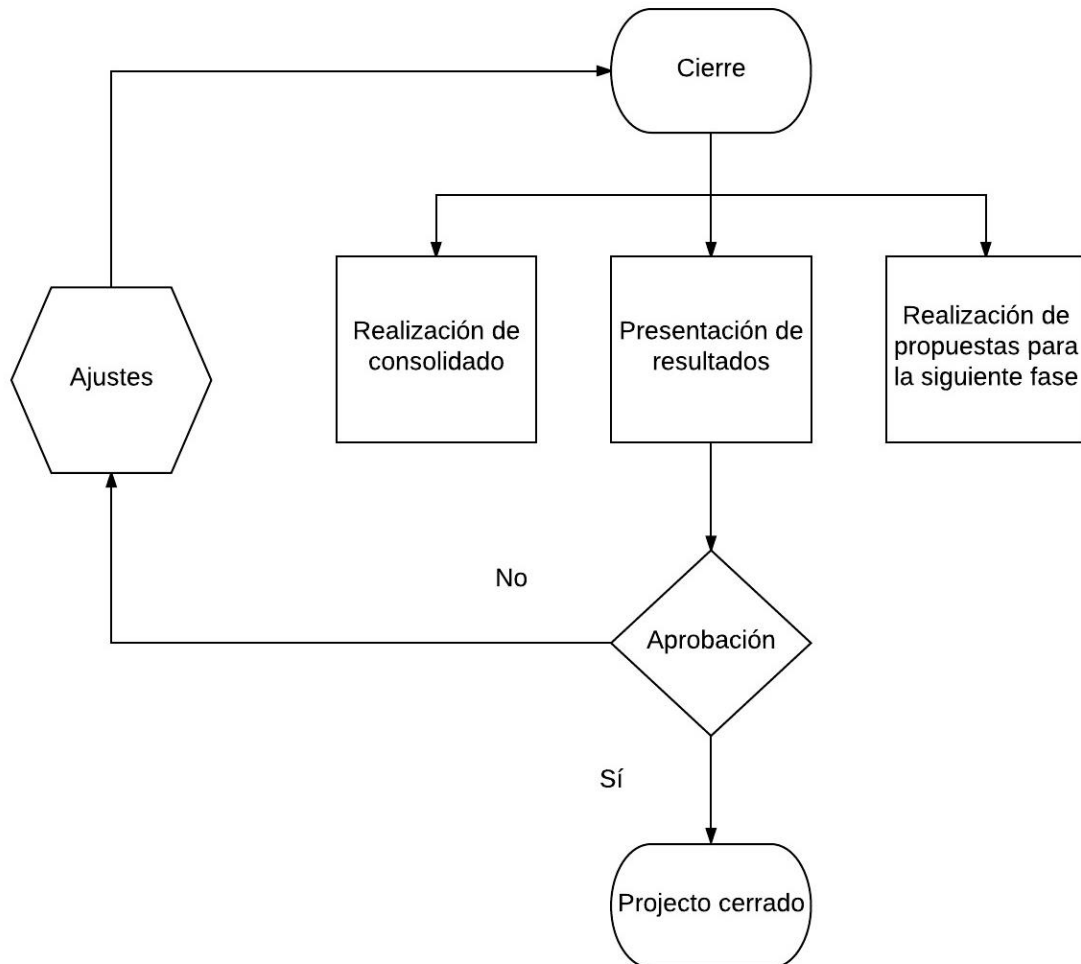


Figura 42 Cierre de Megaproyecto



2. Actividades y sub – actividades de cada módulo

Tabla 42: Actividades de la estudiante de Ingeniería Química, Mayling Zamora

| Actividad principal | Sub - actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|-----------------------------------|--|------------|---------------|-------------|
| Balance energético | Investigar composición de la orina | X | | |
| | Investigar propiedades de la orina y el agua | X | | |
| | Energía interna de la orina | | X | |
| | Determinar la cantidad de energía necesaria | X | | |
| Investigación de procesos y celda | Literatura sobre la producción de hidrógeno a partir de la electrólisis de orina | X | | |
| | Literatura sobre los diseños de celda | X | | |
| | Revisión de la celda con el grupo anterior | X | | |

Continuación Tabla 42

| Actividad principal | Sub - actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|---------------------------------------|--|------------|---------------|-------------|
| Determinar una metodología de trabajo | Investigar sobre el método de Standley Meyer para verificar otras opciones de operación. | X | | |
| | Determinar fuerza necesaria para calcular la molécula de agua | X | | |
| | Calcular la cantidad de potencia real de la electrólisis | X | | |
| | Comparar la dificultad de ambas alternativas | X | | |
| | Establecer variables a medir durante las pruebas. | X | | |
| | Escribir una metodología de trabajo para la realización de las pruebas. | X | | |
| | | | | |

Continuación Tabla 42

| Actividad principal | Sub - actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|-----------------------------|---|------------|---------------|-------------|
| Elaboración de prototipo | Hacer pruebas para el funcionamiento y eficiencia | | | X |
| | Verificar los balances | | | X |
| | Establecer diseño y funcionamiento | | | X |
| Definir diseño y materiales | Instalación sencilla | | | X |
| | Manejo de electrolitos | | | X |
| Cálculos finales | Determinar el flujo con el que se va a trabajar en la comunidad | X | | |
| | Determinar temperatura en la comunidad | X | | |
| | Calcular la eficiencia de la operación | X | | |

Total de sub - actividades: 21

Realizadas: 15

No realizadas: 1

Sustituidas: 5

Índice de desempeño en planificación: $\frac{15}{21} = 71.43\%$

Tabla 43: Actividades no planificadas de la estudiante de Ingeniería Química Mayling Zamora

| Actividad principal | Sub - actividades | Agregadas | Sustitutas |
|---|--|-----------|------------|
| Pruebas de laboratorio (en lugar de Elaboración de prototipo) | Prueba de mezcla de urea y hidróxido de potasio | | X |
| | Prueba para medir la cantidad de hidrógeno producido según las distancias de las placas. | | X |
| | Prueba utilizando electrolito NaCl. | | X |
| | Prueba de comparación de electrolitos | | X |
| | Prueba con diferente concentración del electrolito NaCl | | X |
| | Prueba de cambio de temperatura en celda electrofónica | | X |
| | Continuación de la prueba anterior | | X |
| | Prueba para determinar la cantidad de electrolito NaCl a utilizar | | X |
| Definir diseño y materiales | Obtención de materiales por vídeo de youtube | | X |
| | Listado de materiales | | X |

Tabla 44: Actividades del estudiante de Ingeniería Química, José González

| Actividades | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|--|--|------------|---------------|-------------|
| Cálculos previos | Balance de masa y energía | X | | |
| | Cálculo de relación aire - hidrógeno | X | | |
| | Revisión de cálculos | X | | |
| Medición de características del motor antes de elaborar la pieza de acople | Realizar petición para utilizar motor | | X | |
| | Realizar petición/obtener los instrumentos de medición | | X | |
| | Establecer horario de mediciones | | X | |
| | Elaboración de medición de potencia | | X | |
| | Elaboración de medición de rpm | | X | |
| | Medición de Temperatura de entrada | | X | |
| | Medición de Presiones de entrada | | X | |
| | Medición de consumo de combustible | | X | |

Continuación Tabla 44

| Actividades | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|--|---|---|---------------|-------------|
| Selección de tanque de suministro de hidrógeno | Evaluar presiones y velocidades necesarias para mantener el motor estable | X | | |
| | Evaluar el tanque de almacenamiento | X | | |
| | Determinar cantidad de hidrógeno que entra al tanque | X | | |
| | Determinar presión del tanque | X | | |
| | Revisión bibliográfica para cálculos del sistema | X | | |
| | Realizar diseño del sistema (cálculos, sketch, etc.) | X | | |
| | Elaboración de documento de normativas de seguridad para el hidrógeno | X | | |
| | Establecer método de inyección | Elaboración de pieza de Acople al motor | X | |
| Verificar fugas | | X | | |

Continuación Tabla 44

| Actividades | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|--|--|------------|---------------|-------------|
| Medición de características del motor (Pruebas de hidrógeno) | Realizar petición para utilizar motor | X | | |
| | Realizar petición/obtener los instrumentos de medición | X | | |
| | Establecer horario de mediciones | X | | |
| | Elaboración de medición de potencia | | X | |
| | Elaboración de medición de rpm | X | | |
| | Medición de Temperatura de entrada | | X | |
| | Medición de Presiones de entrada | X | | |
| | Medición de consumo de combustible | X | | |
| | Medición de Flujo de aire de entrada | X | | |
| | Medición de tiempo del motor funcionando | X | | |

Continuación Tabla 44

| Actividades | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|------------------|--|------------|---------------|-------------|
| Cálculos finales | Síntesis de datos y realización de cálculos necesarios | X | | |

Total de sub - actividades: 31

Realizadas: 21

No realizadas: 10

Sustituidas: 0

Índice de desempeño en planificación: $\frac{21}{31} = 67.74\%$

Tabla 45: Actividades no planificadas del estudiante de Ingeniería Química, José González

| Actividades | Sub-actividades | Agregadas | Sustitutas |
|--|--|-----------|------------|
| Investigación sobre el hidrógeno y arrestador de llama | Investigación para justificar el uso de hidrógeno y sus principales complicaciones | X | |
| | Propuesta de arrestador de llama | X | |
| Adquisición de materiales para el tanque y Manifold de pruebas | Adquisición de materiales para llenado de tanque | X | |
| | Diseño del manifold de pruebas | X | |
| | Corrección del manifold de pruebas | X | |
| | Realizar los cálculos y determinar diámetros de entrada de aire. | X | |

Continuación Tabla 45

| Actividades | Sub-actividades | Agregadas | Sustitutas |
|--|---|-----------|------------|
| Adquisición de Materiales para el tanque y Manifold de pruebas | Adquisición de materiales para manifold | X | |

Tabla 46: Actividades del estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez

| Actividad | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|---|---|------------|---------------|-------------|
| Balance energético | Corregir cálculos | X | | |
| | Introducir datos en Excel | X | | |
| | Revisión de cálculos | X | | |
| | Evaluar un balance energético para poder adquirir la bomba y el alternador. | X | | |
| Listado de requerimientos de modificaciones a motor | Terminar de analizar el libro "Internal Combustion Motors" de Pulkrabek | | X | |
| | Investigaciones de motores de hidrógeno | | X | |
| Realizar cálculos de eficiencia del motor | Cálculos y diseño | | X | |
| | Modificar válvula de admisión | | X | |

Continuación Tabla 46

| Actividad | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|---|---|------------|---------------|-------------|
| Realizar cálculos de eficiencia del motor | Modificar cilindro | | X | |
| | Conseguir un pistón de hierro | | X | |
| | Darle un baño de material que resista la corrosión. | | X | |
| | Modificar Pistón para que llegue a la medida del cilindro | | X | |
| Análisis del material del bloque del motor y modificaciones | Análisis del material del bloque del motor | | X | |
| | Modificaciones: Conseguir una camisa para el cilindro | | X | |
| | Pruebas de aceite | | X | |
| Elaboración de diseño | Manufacturación del eje: | | X | |
| | Revisar datos de Raúl Rivera | | X | |
| | Corregir datos | | X | |
| | Revisión de análisis de vibraciones: Ing. Ruano | | X | |

Continuación Tabla 46

| Actividad | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|-----------------------|---|------------|---------------|-------------|
| Elaboración de diseño | Realizar mediciones del motor, en caso no lo haga Raúl Rivera | | X | |
| | Después de lo anterior, llevarlo a manufacturar o comprar eje y polea | | X | |

Total de sub – actividades: 21

Realizadas: 4

No realizadas: 17

Sustituidas: 0

Índice de desempeño en planificación: $\frac{4}{21} = 19.05\%$

Tabla 47: Actividades no planificadas del estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez

| Actividad | Sub-actividades | Agregadas | Sustitutas |
|--------------------|---------------------------------|-----------|------------|
| Estudio preliminar | Análisis de antecedentes | X | |
| | Investigación | X | |
| | Información de Freno de Prony | X | |
| | Información de banco de pruebas | X | |

Continuación Tabla 47

| Actividad | Sub-actividades | Agregadas | Sustitutas |
|--------------------------------|--|-----------|------------|
| Estudio Preliminar | Estudio de Frenos Prony disponibles | X | |
| Elaboración de requerimientos | Requerimientos de manufactura | X | |
| | Requerimientos de seguridad | X | |
| | Requerimientos de funcionalidad | X | |
| | Requerimientos económicos (Presupuestos de, freno de prony y banco de pruebas) | X | |
| | Revisión de requerimientos | X | |
| Banco de pruebas y Freno Prony | Análisis de diseños preliminares | X | |
| | Mission Design Review | X | |
| | Selección de materiales | X | |
| | Diseño de banco de pruebas y freno de prony | X | |
| | Fabricación de banco de pruebas y freno de prony | X | |
| Realizar pruebas | Pruebas con gasolina sin plomo | X | |

Continuación Tabla 47

| Actividad | Sub-actividades | Agregadas | Sustitutas |
|------------------|--|-----------|------------|
| Realizar pruebas | Elaboración de gráficas de torque y potencia con gasolina | X | |
| | Pruebas con hidrógeno | X | |
| | Elaboración de gráficas de torque y potencia con hidrógeno | X | |

Tabla 48: Actividades de las estudiantes de Psicopedagogía, Rocío Monterroso y Maholy Ruíz

| Actividad | Sub-actividad | Realizadas | No realizadas | Sustituidas |
|---|--|------------|---------------|-------------|
| Investigación previa | Entrevista con un integrante de TECHO | X | | |
| | Entrevista Ing. Andrés | X | | |
| Conocimiento de las barreras culturales | Revisar el informe que se realizó con la información proporcionada por TECHO para realizar la nueva encuesta | X | | |
| | Evaluar otras comunidades | | X | |

Continuación Tabla 48

| Actividad | Sub-actividad | Realizadas | No Realizadas | Sustituidas |
|---|--|------------|---------------|-------------|
| Conocimiento de las barreras culturales | Hacer Preguntas para verificar información proporcionada por Techo | X | | |
| | Evaluar dinámica de Grupo Focal | X | | |
| | Organizar con Techo una visita y los preparativos para ir al lugar | X | | |
| Visitas a la Comunidad | Primera visita | X | | |
| | Segunda visita | X | | |
| | Tercera visita | X | | |
| Conocimiento de la unidad | Entrevista con el estudiante de Ingeniería Química | X | | |
| | Entrevista con la estudiante de Ingeniería Química | X | | |
| | Entrevista con el estudiante de Ingeniería Mecánica | X | | |

Continuación Tabla 48

| Actividad | Sub-actividad | Realizadas | No Realizadas | Sustituidas |
|--|---|------------|---------------|-------------|
| Creación de plan para romper barreras culturales | Diseño de plan | | | |
| | Determinar las estrategias que se utilizarán | | | X |
| | Estructura | | | X |
| Capacitaciones | Análisis de datos obtenidos | | | X |
| | Plan estratégico para hacer llegar la información | | | X |

Total de sub – actividades: 18

Realizadas:12

No realizadas: 1

Sustituídas: 5

Índice de desempeño en planificación: $\frac{12}{18} = 66.66\%$

Tabla 49: Actividades no planificadas de las estudiantes de Psicopedagogía, Rocío Monterroso y Maholy Ruíz

| Actividad | Sub-actividad | Agregada | Sustituta |
|-------------------------------------|---|----------|-----------|
| Línea base de la comunidad y unidad | Recopilación datos línea base comunidad | | X |
| | Análisis de datos | | X |
| | Comparación de datos de la comunidad y de la unidad | | X |
| | Elaboración de líneas base | | X |

Continuación Tabla 49

| Actividad | Sub-actividad | Agregada | Sustituta |
|-----------|-------------------------------|----------|-----------|
| Manual | Elaboración de manual | | X |
| | Validación de manual | | X |
| | Impresión y entrega de manual | | X |

Tabla 50: Actividades del estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración, Diego Arriaza

| Actividad | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustitutas |
|--|--------------------------------------|------------|---------------|------------|
| Cronograma | Establecer tiempos y actividades | X | | |
| | Revisión con Ing. Andrés | X | | |
| Revisión Cronograma | Reuniones | X | | |
| | Bitácoras sobre las reuniones | X | | |
| Análisis de antecedentes de la comunidad | 1. Entrevista con Techo | X | | |
| | Análisis de datos obtenidos de Techo | X | | |
| | Revisión de datos con Andrés | X | | |
| | 2. Entrevista con Techo | X | | |
| | Establecer datos faltantes | X | | |

Continuación Tabla 50

| Actividad | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustitutas |
|--|--|------------|---------------|------------|
| Análisis de antecedentes de la comunidad | Realizar preguntas para obtener datos faltantes | X | | |
| Visita a la comunidad | Planificar el modo de encuestar o entrevistar a las personas y la visita | X | | |
| | Viaje de 3 horas a la comunidad | X | | |
| Informe de visita | Análisis de Información recabada | | X | |
| | Elaborar Informe | | X | |
| Establecer costos | Obtener lista de materiales que se vayan a comprar | X | | |
| | Determinar el costo de los materiales disponibles | X | | |
| Elaboración de Análisis Costo-Beneficio | Establecer beneficios y contrabeneficios | | | X |
| | Evaluar el tiempo ahorrado en ir a recoger agua | | | X |

Continuación Tabla 50

| Actividad | Sub-actividades | Realizadas | No realizadas | Sustitutas |
|---|---|------------|---------------|------------|
| Elaboración de análisis costo-beneficio | Evaluar cómo se invertiría el tiempo ahorrado | | | X |
| | Cálculos de comparación H2 y gasolina | | | X |

Total de actividades: 20

Realizadas: 14

No realizadas: 2

Sustituidas: 4

Índice de desempeño en planificación: $\frac{14}{20} = 70\%$

Tabla 51: Actividades no planificadas del estudiante de Ingeniería en Ciencia de la Administración, Diego Arriaza

| Actividad | Sub-actividades | Agregado | Sustituto |
|------------------------------|--|----------|-----------|
| Modificaciones a cronogramas | Evaluar las actividades que deben ser agregadas y sustituidas | X | |
| | Realizar un segundo cronograma para el estudiante de Ing. Mecánica | X | |

Continuación Tabla 51

| Actividad | Sub-actividades | Agregado | Sustituto |
|--|---|----------|-----------|
| Costos del producto final | Hacer una proyección de los costos del producto | X | |
| Modificaciones a cronogramas | Evaluar las actividades que deben ser agregadas y sustituidas | X | |
| | Realizar un segundo cronograma para el estudiante de Ing. Mecánica | X | |
| Segunda visita a la comunidad | Obtener mediciones de diferencias de altura | X | |
| Costos del producto final | Hacer una proyección de los costos del producto | X | |
| Elaboración de análisis ocsto - eficacia | Evaluar el tiempo ahorrado en ir a recoger agua con nuestra unidad | | X |
| | Evaluar el tiempo ahorrado con las alternativas de usar gasolina o las mochilas Aguapac | | X |
| | Cálculos de comparación entre las tres soluciones | | X |

Continuación Tabla 51

| Actividad | Sub-actividades | Agregado | Sustituto |
|--|--|----------|-----------|
| Elaboración de Análisis Costo - Eficacia | Justificación de uso de otros análisis financieros | | X |

3. Costos de investigación

Tabla 52: Costos de los materiales utilizados por la estudiante de Ingeniería Química, Mayling Zamora

| Material | Unidades | Costo unitario | Costo total |
|--|-----------|----------------|-------------|
| Lagartos | 2 | Q8.00 | Q16.00 |
| Soporte universal | 1 | Q210.00 | Q210.00 |
| Balanza digital marca Scout Pro Portable | 1 | Q831.50 | Q831.50 |
| Hidróxido de potasio | 227.80 g | Q0.25 | Q56.95 |
| Urea pura | 44.88 g | Q0.41 | Q18.40 |
| Orina | 4.25 L | Q- | Q- |
| Agua | 3 L | Q- | Q- |
| Ácido sulfúrico | 175.48 ml | Q0.23 | Q40.36 |
| Beaker 2000 mL | 1 | Q101.50 | Q101.50 |
| Beakers 100 mL | 3 | Q19.00 | Q57.00 |
| Hoja de níquel | 1 | Q292.43 | Q292.43 |
| Fuente de poder | 1 | Q1,750.00 | Q1,750.00 |
| Rollo de Cable de cobre | 1 | Q20.00 | Q20.00 |

Continuación Tabla 52

| Material | Unidades | Costo unitario | Costo total |
|---------------------|----------|----------------|-------------|
| Espátula | 1 | Q20.00 | Q20.00 |
| Probetas de 100 ml | 2 | Q62.75 | Q125.50 |
| Cloruro de sodio | 1.22 lb | Q2.50 | Q3.05 |
| Estufa con agitador | 1 | Q1,087.43 | Q1,087.43 |

TOTAL: Q 4,666.37

Tabla 53: Costos de los materiales utilizados por el estudiante de Ingeniería Química, José González

| Material | Unidades | Costo Unitario | Costo total |
|---------------------------------------|----------|----------------|-------------|
| Motor | 1 | Q2,474.63 | Q2,474.63 |
| Tee 1 1/4" | 1 | Q58.00 | Q58.00 |
| Tee 1 1/2" | 1 | Q64.00 | Q64.00 |
| Reductores 3/8" a 1/4" de acero inox. | 8 | Q8.00 | Q64.00 |
| Reductor 1 1/4" a 3/8" de acero inox. | 1 | Q66.81 | Q66.81 |
| Reductor 1 1/2" a 3/8" de acero inox. | 1 | Q100.04 | Q100.04 |
| Reductores 3/4" a 1/4" de acero inox. | 2 | Q17.15 | Q34.30 |
| Placas de acero | 2 | Q73.00 | Q146.00 |

Continuación Tabla 53

| Material | Unidades | Costo Unitario | Costo total |
|--|----------|----------------|-------------|
| Carcasa de filtro | 1 | Q395.00 | Q395.00 |
| Tanque de churrasquera | 1 | Q298.00 | Q298.00 |
| Mangueras | 10 | Q15.00 | Q150.00 |
| Acoples Quick - Connect | 17 | Q52.00 | Q884.00 |
| Válvulas de bola 3/8" | 2 | Q78.00 | Q156.00 |
| Válvula de compuerta 1/4" de acero inox. | 1 | Q765.00 | Q765.00 |
| Válvulas de cheque 1/4" de bronce | 2 | Q240.00 | Q480.00 |
| Válvula de cheque 1/4" de acero inox | 1 | Q325.00 | Q325.00 |
| Arrestador de flama | 1 | Q633.00 | Q633.00 |
| Reguladores de presión | 2 | Q2,180.63 | Q4,361.25 |
| Tacómetro | 1 | Q1,349.93 | Q1,349.93 |
| Anemómetro | 1 | Q239.18 | Q239.18 |
| Cronómetro | 1 | Q21.30 | Q21.30 |
| Tanque de hidrógeno | 1 | Q12,750.00 | Q12,750.00 |
| Bomba de vacío | 1 | Q899.18 | Q899.18 |

TOTAL: Q 27,914.60

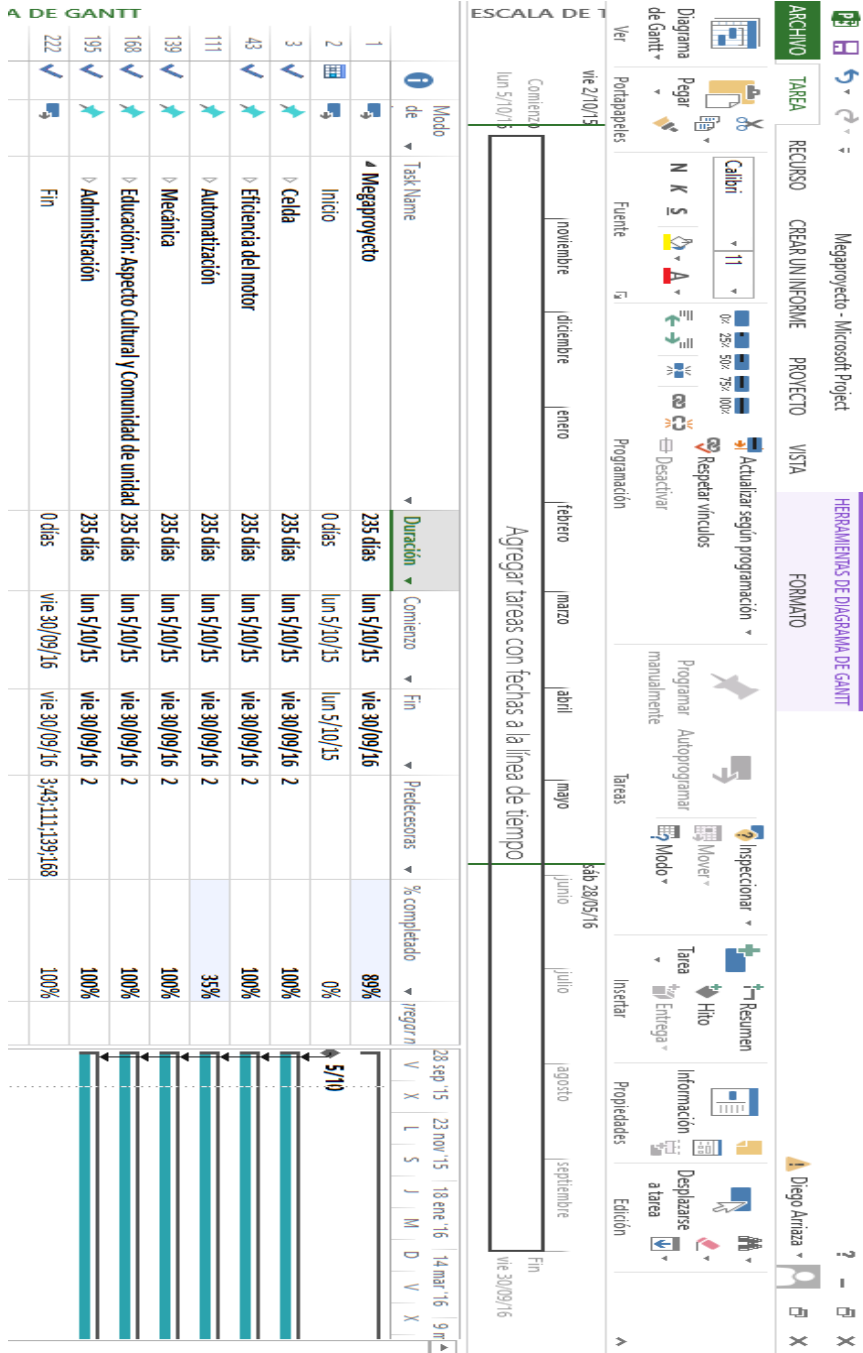
Tabla 54: Costos de los materiales utilizados por el estudiante de Ingeniería Mecánica, Bernond Chávez

| Material | Unidades | Costo unitario | Costo total |
|---|----------|----------------|-------------|
| Perfil angular de 2"x1/4" 6 metros de largo | 2 | Q179.00 | Q358.00 |
| Paquete de electrodos de acero | 1 | Q20.00 | Q20.00 |
| Dinamómetro | 1 | Q179.00 | Q179.00 |
| Platinas 5/8"x3"x24" y 5/8"x3"x6" | 1 | Q324.00 | Q324.00 |
| Servicio de fresadora | 1 | Q800.00 | Q800.00 |
| Servicio de empastar | 1 | Q200.00 | Q200.00 |
| Servicio de agujeros de placa | 1 | Q225.00 | Q225.00 |
| Servicio de agujeros en la soldadura | 1 | Q225.00 | Q225.00 |
| Etanol | 2 | Q75.70 | Q151.40 |
| Tacómetro | 1 | Q1,349.93 | Q1,349.93 |

4. Control de las actividades

a. Cronograma

Figura 43 Cronograma de Microsoft Project



b. Informe enviado a coordinador sobre reunión llevada a cabo el 24 de agosto de 2016.

Semana del 22 al 26 de agosto

Cronograma

| Nombre | Actividad | Adelantado | A Tiempo | Atrasado |
|---------------|--|------------|----------|----------|
| Stephen | Fabricación de banco de pruebas y freno pronny | | | X |
| José González | Pieza de acople del motor | | | X |
| Mayling | No tiene actividades | | | |
| Rocío | Recopilación datos línea de la comunidad | - | X | - |
| Maholy | Recopilación datos línea de la comunidad | - | X | - |
| Diego | Análisis Financiero | | X | |

| Nombre | Asistencia |
|---------------|---------------------|
| Stephen | Tiene justificación |
| José González | Sí |
| Mayling | Sí |
| Rocío | Sí |
| Maholy | Sí |
| Diego | Sí |

Aspectos hablados:

- Se habló con Rocío y Maholy sobre la visita. Se les dio el número del traductor, la localización de la comunidad y ellas irán desde Xelajú hasta la comunidad por su cuenta.
- José aún no ha conseguido la pieza, pero pronto la conseguirá.
- Stephen ha comprado ya casi todo y esta semana termina la fabricación. El sábado irá al taller de Raúl Loarca.

J. Análisis de factibilidad

1. Actualidad. En la comunidad de Panimache V hay dos pozos. Para el más cercano hay que recorrer aproximadamente 50 metros y para el más lejano hay que recorrer 180 metros. Sin embargo, el recorrido implica un descenso de alrededor de 20 metros para el pozo más lejano y aproximadamente unos 3 metros para el más cercano. Una vez recolectada el agua, se debe ascender estos 20 y 3 metros respectivamente para llegar de nuevo a la comunidad. Estos datos se obtuvieron mediante una aplicación llamada Endomondo, la cual muestra tanto los kilómetros recorridos, como los ascensos y los descensos llevados a cabo. Durante la visita que se llevó a cabo, se hicieron recorridos tanto al pozo más lejano como al más cercano. Al más lejano nos tardamos un total de 10 minutos, mientras que al más cercano se hizo en menos de 5 minutos.

Según la encuesta realizada en la comunidad, la cual se puede encontrar más abajo en la sección de “Visita a la comunidad”, las mujeres realizan entre cuatro y cinco recorridos durante el verano a los pozos y sólo dos durante el invierno, ya que aprovechan a recolectar el agua de la lluvia. En entrevistas realizadas con la organización de Techo para mi País, se nos indicó que las mujeres aprovechan a ir al pozo más cercano en la mañana, ya que este después de las diez de la mañana se seca. Vale la pena destacar que en este pozo no fluye mucha agua y se puede incluso secar antes de las diez de la mañana. De lo contrario, todas las familias irían a este pozo y no al lejano. Consecuentemente, las mujeres, junto con sus niños, (los hombres no van porque se encuentran trabajando) van en las tardes al pozo más lejano para recolectar agua, el cual funciona hasta las 6 de la tarde y en él fluye más agua que en el pozo cercano. Ambos pozos se abastecen nuevamente durante la noche. (Maldonado, 2016) Durante las mañanas, solo las mujeres recogen agua, pues los niños se encuentran en la escuela y es hasta en la tarde que ellos ayudan con la recolecta. Los hombres no ayudan, pues durante el día van a trabajar.

2. Elección de análisis

a. Justificación de no realización de análisis costo-beneficio. Al principio de este Megaproyecto se quiso llevar a cabo este análisis, pues se esperaba que con la instalación de la unidad se diera un beneficio económico significativo para la comunidad. Se creía en un principio, que el tiempo invertido en recoger era significativo (alrededor de 6 horas) y que las distancias a recorrer eran considerablemente largas. Además, se había supuesto que los niños no iban a la escuela para recoger agua y que las mujeres podrían invertir el tiempo ahorrado en la recolección de esta para realizar actividades que les brindara ingresos económicos tales como tejer vestimentas para su posterior venta, realización y venta posterior de otras artesanías como por ejemplo cestas, pulseras, collares, llaveros, muebles, entre otros; cultivación de parcelas propias o bien, trabajo de jornalera.

Sin embargo, al realizar la primera visita a la comunidad se llegó a la conclusión que, si bien la unidad proporcionaría un beneficio a la comunidad, este no sería económico. Las distancias a recorrer no eran necesariamente largas. Nos tomó un total de 5 minutos llegar al pozo más lejano caminando y llegar al más cercano tomaba menos de 2 minutos en nuestra visita a la comunidad. La recolección de agua no abarcaba 6 horas, sino aproximadamente 2 horas al día, pues solo se realizaban cinco recorridos como máximo y en la época de invierno se realizan hasta menos. Por último, vale la pena destacar que durante la encuesta realizada en el Grupo Focal, que se puede apreciar en la última sección de los Anexos, las mujeres fueron contundentes en que ellas utilizarían el tiempo ahorrado ya sea para su trabajo como amas de casa, o bien, lo utilizarían para tejer, pero las vestimentas que ellas confeccionarían no las venderían por ningún motivo, sino que serían para uso propio, pues no quieren que otras personas las utilicen bajo ninguna circunstancia. Además, también confirmaron que nunca se han quedado sin agua durante un día, lo que indica que lo que recolectan les alcanza para al menos un día. Por otro lado, en la recolección de agua solo una persona había sufrido un accidente leve, lo que implica que tampoco hay un peligro significativo en esta tarea. Los niños sí van a la escuela, por lo cual no se puede garantizar que mejore la educación en la comunidad.

El problema de este análisis recae precisamente en la medición de los beneficios económicos. Suponiendo que la unidad fuera instalada y las mujeres aprovecharan el tiempo ahorrado para tejer. Cabe la probabilidad que después de cierta cantidad de meses, se acumulen las vestimentas y opten por venderlas, pero también existe la probabilidad que por manifestar su deseo que otras personas no usen las vestimentas que confeccionen y simplemente las continúen acumulando hasta arruinarlas o desecharlas. Se podría incluso considerar implementar un taller de capacitación para hacer, por ejemplo, pulseras o cestas, sin embargo, no existe una garantía que después de implementado el taller, ellas opten por realizar este tipo de artesanías para luego venderlas.

El análisis costo-beneficio como tal, es difícil de llevar a cabo, pues para hacerlo es a veces necesario incurrir a varios supuestos para medir los beneficios y muchas veces estos no se cumplen. Si se hubiera realizado un análisis Costo-Beneficio, donde estableciera, por ejemplo, que el beneficio económico sería ingresos por venta de llaveros, pero en la realidad no opten por realizar esa actividad, este análisis quedaría automáticamente sin validez

b. Justificación de no realización de análisis VPN y TIR. Se consideró también realizar un análisis VPN y TIR. Este se planteó de la siguiente manera:

- Se visualizarían dos escenarios: La bomba conectada a la unidad y la bomba conectada a un poste de electricidad.

- Al conectar la bomba a un poste de electricidad, se haría un cargo sobre el consumo de kWh que la bomba necesitaría para funcionar, mientras que, al tener la unidad, la energía sería gratuita. Por lo tanto, la cuantificación de los ingresos para este análisis se realizaría mediante el ahorro del cargo del consumo de kWh.

- Para determinar la tasa de interés, se haría el supuesto que el dinero no gastado en el consumo de kWh se podría ahorrar, por lo que se determinaría una tasa de interés de un banco establecida para cuentas de ahorro.

El problema de realizar este análisis es que no se corresponde con el enfoque del proyecto, pues este es social, no rentable. Además, vale la pena destacar que en la comunidad no hay en la cercanía un poste de electricidad, por lo que habría que realizar una instalación eléctrica y además, no se utilizaría la bomba cotizada para este Megaproyecto, sino que habría que cotizar una bomba eléctrica. Es cierto que hay a disposición pequeños paneles solares que sirven para prender bombillos, pero incluso si se considerara la posibilidad de utilizar estos paneles solares en lugar del poste de luz, no se sería posible, ya que estos no proveen la suficiente energía para lograr hacer funcionar la bomba, por lo tanto, deben quedar descartados como posible alternativa. Además, el objetivo de la comunidad no es ahorrar consumo de energía, sino evitar recolectar agua. Vale la pena destacar que este análisis se realizó para la fase I de este Megaproyecto, ya que en ese trabajo se planeó utilizar esta unidad para centros comerciales y edificios, por lo tanto, se analizó su comercialización y por ende, su rentabilidad.

c. Justificación de realización de análisis costo – eficacia. Este análisis fue el escogido para analizar la factibilidad de instalación de la unidad en la comunidad de Panimache V. La ventaja de este análisis con respecto al de Costo-Beneficio, es que este analiza beneficios que no son económicos, que es precisamente lo que ocurre en este caso. La Eficacia, en este

caso, se midió por el tiempo ahorrado. Este análisis no busca, a diferencia del análisis VPN, que el proyecto como tal sea rentable, sino únicamente que sea funcional y eficaz, que es precisamente lo que se busca cumplir en este Megaproyecto.

Para calcular los costos, se eligió primero una tasa de interés, para lo cual se tomaron las siguientes consideraciones:

$$TASA \geq COSTO DE DEUDA$$

$$TASA \geq CPPC$$

$$TASA \geq COSTO DE OPORTUNIDAD$$

No se consideran las primeras dos opciones, ya que se analizará de tal forma que la Universidad o una organización hará una donación de sus fondos para financiar este proyecto por 10 años. Debido a que en las primeras dos opciones la tasa sería cero, se debe considerar nada más el Costo de Oportunidad, que en este caso sería no instalar la unidad en la comunidad, sino simplemente donar la totalidad del dinero y que este se ahorre, por lo que la tasa de interés que se utilizará sería la tasa establecida para cuentas de ahorro.

La tasa elegida fue de 2%. Esta tasa se maneja para la cuenta llamada “Señora Cuenta” del Banrural. Esta cuenta está enfocada en las mujeres guatemaltecas y reciben pago de intereses de forma mensual.

3. Escenario creado. Con base en la información descrita anteriormente se planteó un escenario. Este será la base para los escenarios que se plantearán para las alternativas. Suponiendo que la época que prevalece en la comunidad durante el resto del año es el verano, implicaría que todos los días se tendrían que realizar cuatro recorridos. Los meses del año, por cierto, tendrán todos 30 días. Ya que los niños van a la escuela en la mañana, las mujeres son las encargadas de la recolecta de agua en ese período del día. En un día, cada familia logra recoger aproximadamente 20 galones de agua y esta recolecta se hace por medio de tinajas, que tienen una capacidad de 2.5 galones.

Al hacer el supuesto que se hacen dos recorridos al pozo más cercano y dos recorridos al más lejano, da como resultado que en la mañana una mujer en dos recorridos al pozo más cercano utilizando una tinaja logra recolectar 5 galones de agua. Si cada mujer de familia recolecta más de 5 galones, el pozo no se dará a basto para todas las demás familias. Por lo tanto, se debe suponer una restricción de recolecta de 5 galones por familia al pozo más cercano. Esto, como

consecuencia, conlleva a que los 15 galones restantes se recolecten en el pozo más lejano. Para determinar la recolecta de estos galones restantes se hicieron los siguientes cálculos:

$$\frac{15 \text{ galones}}{2 \text{ viajes}} = \frac{7.5 \text{ galones}}{1 \text{ viaje}}$$

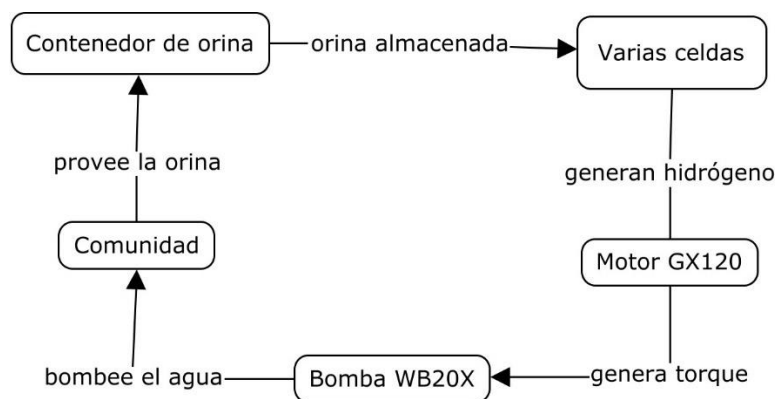
$$\frac{1 \text{ persona}}{2.5 \text{ galones}} \times 7.5 \text{ galones} = 3 \text{ personas}$$

Se puede observar, por lo tanto, que para lograr recolectar los 15 galones restantes en dos viajes, se debe recolectar 7.5 galones en cada viaje, pero ya que una persona solo puede cargar 2.5 galones con su tinaja, necesita la ayuda de dos otras personas. Ya que los niños ya no van en la escuela en la tarde, pueden ayudar a sus madres con la recolecta de agua en ese período del día. El siguiente supuesto lo podemos plantear de la siguiente manera: Cada familia en Panimache V se compone de un hombre, una mujer y dos niños mayores de 10 años y cada niño o niña es capaz de cargar una tinaja de 2.5 galones. Acorde a la encuesta, el recorrido al pozo más cercano toma aproximadamente 20 minutos, mientras que el más lejano toma 40 minutos. Por lo tanto, lo que les tomaría al día en total a cada mujer de Panimache V en recoger agua, sería aproximadamente de dos horas al día.

4. Unidad Megaproyecto

a. Descripción de la unidad: El prototipo se espera que se componga esencialmente de un contenedor de almacenamiento de orina, una o varias celdas, un motor Honda GX120 y una bomba WB20X acoplada al motor. El funcionamiento de la unidad se puede apreciar en el siguiente diagrama:

Figura 44 Funcionamiento de la unidad



Básicamente habrá un motor acoplado con una bomba y varias celdas y a la par estará el pozo y el contenedor. La orina depositada en el contenedor se trasladará a las celdas, las cuales realizarán un proceso de electrólisis para obtener hidrógeno de la orina. Este gas luego se dirigirá al motor y este una vez empiece a funcionar, generará un torque que activará la bomba, la cual bombeará agua del pozo a la comunidad. Sin embargo, vale la pena mencionar que esta unidad necesita de baterías y de un alternador o paneles solares para recargarlas, con el objetivo de hacer funcionar la celda.

b. Cálculos

1) Motor, bomba y transporte de agua: En el módulo del estudiante de Ingeniería Química se determinó que el motor podía funcionar por 2 minutos si se le introducían 10 gramos de hidrógeno. Para la bomba, por otro lado, era necesario determinar su cabeza para poder establecer cuantos galones por minuto podía bombear. Para establecer la cabeza, se tuvo que obtener la diferencia de altura entre un punto de la comunidad y el pozo más lejano. Tal como se mencionó con anterioridad en este trabajo, esta altura se estableció que es de aproximadamente 20 metros. Con pérdidas fricción y esta altura, se estimó que la cabeza requerida era de 20.46 metros. Para determinar la cabeza también fue necesario establecer cuántos codos, válvulas y el tipo de tubería. Como aún no se sabe la cantidad exacta de estos materiales, se eligió un número de materiales de referencia que fuera lógico. Con este dato, se obtuvo que la bomba podía bombear 79.5 galones/minuto. Según nuestro escenario actual, cada familia demanda 20 galones y al ser 44 en la comunidad, se obtiene que la demanda de agua en Panimache V es de 880 galones de agua al día. Teniendo esto en cuenta, se determinó cuantos minutos necesitan funcionar la bomba y el motor para abastecer esta demanda de agua con el siguiente cálculo:

$$\frac{880 \text{ galones}}{79.5 \frac{\text{galones}}{\text{min}}} = 11.1 \text{ min}$$

Ya que el motor solo puede funcionar por dos minutos es necesario que se le den 6 corridas para poder hacer funcionar la bomba por esta cantidad de tiempo y un poco más (12 minutos en total).

2) Celdas y baterías. La celda que se tomó en consideración para este escenario, fue la celda propuesta por la estudiante de Ingeniería Química. Esta celda es capaz de producir un flujo de 0.098 gramos de hidrógeno/minuto y posee una capacidad de 1.25 Litros. Este dato de la propuesta se obtuvo escalando el flujo producido por la celda trabajada en el laboratorio. Esta producía un flujo de 0.00327 gramos de hidrógeno/minuto y funcionaba con 2.9 Amperios y 9 Volts. Ya que no se puede determinar la cantidad de Amperios y Volts necesarios para hacer funcionar la celda propuesta, se hizo el supuesto que esta funcionará también con 2.9 Amperios y 9 Volts. Los valores reales se tendrían que determinar mediante más experimentación, o bien, investigar sobre ecuaciones que permitan determinar estos datos. Esto se debe a que, la orina como tal, actúa como una resistencia en el circuito y en la orina hay varios factores que pueden influir en el nivel de resistencia, como por ejemplo, su volumen, su pH, la distancia entre las placas, etc.

Con esta celda propuesta, podemos determinar el tiempo necesario para producir 10 gramos de hidrógeno.

$$10 \text{ g} \times \frac{1 \text{ min}}{0.098 \text{ g}} = 102.04 \text{ min} = 1.7 \text{ horas}$$

Se obtiene que se requiere 102 minutos para producir 10 gramos de hidrógeno. Sin embargo, como se requieren seis corridas en el motor, se deben multiplicar esos 102 minutos por 6. Al hacer esto, se obtiene que, para abastecer la demanda de agua de la comunidad, es necesario esperar 612.25 minutos, lo cual es equivalente a 10.21 horas y eso es demasiado tiempo. Por lo tanto, esta unidad necesita más celdas para poder abastecer la demanda de agua en una cantidad de tiempo menor. Se determinó que, con tres celdas, funcionando 35 minutos cada una al mismo tiempo, se podía obtener los 10 gramos de hidrógeno y eso se demuestra en el siguiente cálculo:

$$0.098 \frac{g}{min} \times 35 \text{ min} = 3.43 \text{ g}$$

$$3.43 \frac{g}{celda} \times 3 \text{ celdas} = 10.29 \text{ g}$$

Como se puede observar, con tres celdas funcionando 35 minutos es posible obtener un poco más de 10 gramos de hidrógeno. Cada celda, por lo tanto, debe funcionar en esa cantidad de tiempo con 2.9 Amperios. Por tal motivo, es necesario establecer una batería ideal que pueda abastecer esa cantidad de amperios en 35 minutos. Una batería, después de haber sido descargada en un 40%, deja de funcionar de forma eficiente y reduce su cantidad de corriente. Por esta razón, es necesario tener en cuenta que a una batería es necesario establecer un margen de seguridad, que en este caso, se le asignará un 50%.

A cada celda se le asignará una batería de 12 V y 4Ah. Ya que se necesita nivelar la diferencia de tensión, también se les asignará un transformador. Si una batería de 4Ah se le asigna el margen de seguridad de 50%, entonces significa que la batería debe considerarse como una de 2Ah. Al hacer esto, se debe evaluar si la batería aún es capaz de transmitir una corriente de 2.9 Amperios por 35 minutos. El siguiente cálculo lo demuestra:

$$\frac{2Ah}{2.9A} = 0.69 = 41.38 \text{ minutos}$$

Esto demuestra, que la batería, antes de descargarse en un 50% y que deje de ser eficiente, podrá transmitir una corriente de 2.9 A en 41.38 minutos. Por lo tanto, una batería de 4Ah es suficiente para abastecer a una celda. Ya que son tres celdas, se necesitan tres baterías. Sin embargo, una vez hayan pasado los 35 minutos, estas baterías deberán ser recargadas y utilizarse otras 3 para la siguiente corrida. Ya que en total son seis corridas, se necesitarán dieciocho baterías de 4Ah.

3) Panel solar. Para poder cargar las dieciocho baterías, se cotizó un panel de 12 Volts y 6.98 A. Por lo tanto, al cargar una batería con este panel, se toma en consideración que está descargada únicamente en un 50%, por lo tanto el cálculo para determinar en cuánto tiempo cargaría la batería se vería de esta manera:

$$\frac{2Ah}{6.98 A} = 0.29 \text{ h} = 17.19 \text{ minutos}$$

Suponiendo que el panel puede trabajar siempre en su máxima intensidad, podría cargar las 18 baterías en 309.46 minutos, lo que equivale 5.16 horas. Esto es tiempo suficiente para que el sol esté presente y pueda alimentar al panel solar. Si bien es cierto que la unidad podría funcionar con una batería de mayor amperaje y voltaje, esto implicaría que el panel tardaría más tiempo en cargarla y probablemente no alcanzaría el tiempo para cargarla por completo. Consecuentemente, se tendría que optar por comprar un panel más caro. Vale la pena destacar que estos cálculos se realizaron de una muy simple y su objetivo es únicamente servir como referencia.

4) Contenedor de orina y cloruro de sodio. Para determinar la cantidad de orina que debe ser almacenada en el contenedor, se hicieron los siguientes razonamientos. Si una celda va estar funcionando por 35 minutos produciendo un flujo de hidrógeno de 0.098g/min, es posible obtener la cantidad hidrógeno producido en ese lapso de tiempo. Al multiplicar ambos valores, se obtiene que se produjo una cantidad de 3.43 gramos de hidrógeno. Teniendo en cuenta la capacidad de la celda podemos obtener la siguiente relación:

$$\frac{1.25 L}{3.43 g} = 0.364 \frac{L}{g}$$

Esta razón me indica la relación entre litros de orina y gramos de hidrógeno producidos. Ya que necesito producir 10 gramos de hidrógeno para una corrida, se realiza el siguiente cálculo:

$$0.364 \frac{L}{g} \times 10 g = 3.64 L$$

Esto me indica que necesito 3.64 litros para producir 10 gramos de hidrógeno. Como son 6 corridas, debo multiplicar esos 3.64 litros por 6 y obtengo una cantidad total de 21.86 L. Sin embargo, debo considerar que cada celda se llenará en la totalidad de su capacidad, por lo tanto, si hay 3 de 1.25 Litros, se estarán utilizando 3.75 Litros y ya que estas se van a vaciar después de cada corrida y son 6 corridas, se estará utilizando un total de 22.5 Litros.

En cuanto al cloruro de sodio, se deben hacer los siguientes razonamientos. Se sabe que en cada celda se debe utilizar cierta cantidad de cloruro de sodio, dependiendo de la cantidad de orina, para que se lleve a cabo el proceso químico. La concentración molar del cloruro de sodio, determinada por la estudiante de Ingeniería Química, fue de 8M. Teniendo este dato, se pueden realizar los siguientes cálculos para determinar cuántos gramos de sal son necesarios para 1.25 litros de orina:

$$1.25 L \times 5M = 6.25 \text{ moles NaCl}$$

$$6.25 \text{ moles NaCl} \times 58.44 \frac{g}{\text{mol NaCl}} = 365.25 \text{ g NaCl}$$

Para 1.25 litros se necesitan 365.25 gramos de cloruro de sodio. Este dato al multiplicarlo por 3, obtengo que necesito 1095.75 gramos de cloruro de sodio para una corrida. Al ser 6 corridas, necesito 6574.5 gramos de cloruro de sodio. Este compuesto químico también es conocido como sal de mesa y se vende en los supermercados y en las tiendas en libras. Por lo tanto, debo convertir los gramos a libras mediante el siguiente cálculo:

$$6574.5 \text{ g} \times \frac{0.0022 \text{ lb}}{1 \text{ g}} = 14.49 \text{ lb}$$

Esto me indica que al día, será necesario un consumo de 14.5 lb de sal de mesa para hacer funcionar la unidad.

c. Escenario y supuestos. Para empezar a visualizar este escenario, es necesario primero empezar por el contenedor. Este tendrá la capacidad de 7.5 galones. Ya que una persona en promedio orina 1.5L (EcuRed, 2016) y cada familia, acorde al escenario supuesto actual, se compone de cuatro miembros, podemos establecer que para llenar los 22.5 Litros que se introducirán en el contenedor y que se requieren para hacer funcionar la unidad, se necesitan por lo menos 15 personas, o bien, aproximadamente 4 familias. Por lo tanto, las mujeres de esas 4 familias tendrán que descender con la orina de su familia e introducirla en el contenedor. Ya que no estarán cargando un peso significativo, el descenso les tomará 5 minutos, que fue el tiempo que nos tomó a los integrantes del Megaproyecto descender al pozo más lejano.

Esas 4 mujeres que bajen se encargarán de velar por el funcionamiento de la unidad. Ellas tendrán que limpiar las celdas por cada corrida, encender el motor, conectar y desconectar las 18 baterías y cargarlas en el panel solar. Para ayudarlas con el funcionamiento de la unidad, pueden bajar uno o dos mujeres como máximo. Tal como se determinó, en este escenario la unidad funcionará con 3 celdas que generarán 10 gramos de hidrógeno en 35 minutos, 18 baterías y un panel solar. El motor funcionará por 2 minutos una vez se haya generado los 10 gramos en las celdas, luego de que el motor deje de funcionar, se tendrán que vaciar y limpiar las celdas, se volverá a introducir orina en ellas y nuevamente se esperará que produzcan 10 gramos de hidrógeno. En total, se realizarán 6 corridas.

Se deben considerar, además, los siguientes supuestos: Los paneles solares siempre funcionan en su máxima potencia, la luz del día está presente todos los días por 8 horas. El tiempo de limpieza de las celdas después de cada corrida no se tomará en cuenta, ni tampoco el tiempo

que se requiera para cargar las baterías. Únicamente se considerará el tiempo que sea necesario para que la unidad funcione hasta abastecer la demanda de agua de la comunidad.

d. Costos de la Unidad Megaproyecto

Tabla 55: Costos de la Unidad Megaproyecto

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|------------|---------------------------------------|----------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Combustión | Motor | 1 | Q2,474.63 | Q2,474.63 | No hasta después de 10 años | -Q54.56 |
| | Aceite de motor | 1 | Q48.00 | Q48.00 | 6 | -Q8.67 |
| | Aceite de la caja de reducción | 1 | Q48.00 | Q48.00 | 6 | -Q8.67 |
| | Filtro de aire | 1 | Q59.99 | Q59.99 | 12 | -Q4.47 |
| | Bujía | 1 | Q35.18 | Q35.18 | 12 | -Q2.62 |
| | Bomba | 1 | Q3,217.50 | Q3,217.50 | No hasta después de 10 años | -Q70.94 |
| | Aceite para bomba | 1 | Q48.00 | Q48.00 | 6 | -Q8.67 |
| | Bujía para bomba | 1 | Q29.99 | Q29.99 | 12 | -Q2.24 |
| | Tee 1 1/4" | 1 | Q58.00 | Q58.00 | 60 | -Q1.79 |
| | Tee 1 1/2" | 1 | Q64.00 | Q64.00 | 60 | -Q1.97 |
| | Reductores 3/8" a 1/4" de acero inox. | 8 | Q8.00 | Q64.00 | 60 | -Q1.97 |
| | Reductor 1 1/4" a 3/8" de acero inox. | 1 | Q66.81 | Q66.81 | 60 | -Q2.06 |

Continuación Tabla 55

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|------------|--|----------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Combustión | Reductores 3/4" a 1/4" de acero inox. | 2 | Q17.15 | Q34.30 | 60 | -Q1.06 |
| | Placas de acero | 2 | Q73.00 | Q146.00 | No hasta después de 10 años | -Q3.22 |
| | Piezas de adaptación al motor | 2 | Q600.00 | Q1,200.00 | No hasta después de 10 años | -Q26.46 |
| | Carcasa de filtro | 1 | Q395.00 | Q395.00 | No hasta después de 10 años | -Q8.71 |
| | Tanque de churrasquera | 1 | Q298.00 | Q298.00 | No hasta después de 10 años | -Q6.57 |
| | Mangueras | 10 | Q15.00 | Q150.00 | 60 | -Q4.62 |
| | Acoples Quick - Connect | 17 | Q52.00 | Q884.00 | 60 | -Q27.24 |
| | Válvulas de bola 3/8" | 2 | Q78.00 | Q156.00 | 60 | -Q4.81 |
| | Válvula de compuerta 1/4" de acero inox. | 1 | Q765.00 | Q765.00 | 60 | -Q23.57 |
| | Válvulas de cheque 1/4" de bronce | 2 | Q240.00 | Q480.00 | 60 | -Q14.79 |
| | Válvula de cheque 1/4" de acero inox | 1 | Q325.00 | Q325.00 | 60 | -Q10.02 |

Combustión Tabla 55

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|-----------|---------------------------------------|------------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Celda | Hoja de níquel 6"X12" | 12 | Q292.43 | Q3,509.10 | 3 | -Q1,223.98 |
| | Accesorios de tubería ABS 4" | 6 | Q125.25 | Q751.50 | No hasta después de 10 años | -Q16.57 |
| | Manguera de polietileno 3/8" | 3 | Q57.68 | Q173.03 | No hasta después de 10 años | -Q3.81 |
| | Tubo de acrílico "4x7" | 3 | Q149.93 | Q449.78 | No hasta después de 10 años | -Q9.92 |
| | Cinta de teflón | 3 | Q40.88 | Q122.63 | 12 | -Q11.85 |
| | Codo giratorio 3/8" | 3 | Q26.85 | Q80.55 | No hasta después de 10 años | -Q1.78 |
| | Perno de plástico 5/16"x4" | 3 | Q10.00 | Q30.00 | 3 | -Q10.46 |
| | Arandelas de plástico | 60 | Q9.00 | Q540.00 | 3 | -Q188.35 |
| | Tuercas de metal | 60 | Q7.95 | Q477.00 | 3 | -Q166.38 |
| | Pernos | 6 | Q8.74 | Q52.43 | 3 | -Q1.16 |
| | Válvula de cheque 3/8" unidireccional | 3 | Q82.13 | Q246.38 | No hasta después de 10 años | -Q5.43 |
| | Cloruro de Sodio | 435 libras | Q2.50 | Q1,087.50 | 1 | -Q1,111.48 |

Continuación Tabla 55

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|----------------------|--|----------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Celda | Sensor de nivel | 3 | Q2,250.00 | Q6,750.00 | No hasta después de 10 años | -Q148.82 |
| Generación eléctrica | Panel Solar Solarland SLP120-12U 120 watt module, 12V 6.98 A | 1 | Q2,022.75 | Q2,022.75 | No hasta después de 10 años | -Q44.60 |
| | Baterías 12 V 4 Ah | 18 | Q120.33 | Q2,165.94 | 36 | -Q89.41 |
| | Transformador de 12V a 9V | 18 | Q20.59 | Q370.62 | No hasta después de 10 años | -Q8.17 |
| | Tanque de polietileno de 7.5 galones | 1 | Q1,033.13 | Q1,033.13 | No hasta después de 10 años | -Q22.78 |
| | Sensor ultrasónico doppler | 1 | Q2,400.00 | Q2,400.00 | No hasta después de 10 años | -Q52.92 |
| Transporte de agua | Tubería PVC 2" de 6 metros | 30 | Q115.00 | Q3,450.00 | No hasta después de 10 años | -Q76.07 |
| | Válvula de bola 2" | 1 | Q246.30 | Q246.30 | No hasta después de 10 años | -Q5.43 |
| | Codos de 90 grados 2" | 5 | Q24.00 | Q120.00 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 |

Continuación Tabla 55

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|-----------|-----------------|----------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| | Tubo de succión | 1 | Q120.30 | Q120.30 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 |

Anualidad total mensual: Q3,603.59 de anualidad mensual

Costo total inicial: Q41,707.59

e. Anualidades de los costos. Debido a que hay varios costos, el análisis de estos se separarán por actividad para su mejor entendimiento.

1) Actividad combustión. Se determinó esta fórmula para el motor, la bomba, las placas de acero, las piezas de adaptación del motor, la carcasa de filtro, el tanque de churrasquera y los reguladores de presión:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo Total}(\text{A/P}, 2\%, 120)$$

Tanto la bomba como el motor se espera que tengan varios años de vida, mientras que los demás elementos se espera que duren al menos diez años, siempre y cuando se les dé el mantenimiento adecuado. Después de diez años, probablemente se deba evaluar su recambio, pero este no se considera para este análisis, ya que termina a los diez años.

Las Tees, reductores, válvulas, mangueras y acoples Quick-Connect se analizaron con la siguiente fórmula:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(\text{A/P}, 2\%, 120) - \text{Costo total}(\text{A/F}, 2\%, \text{Período para reposición})$$

Los lugares donde se cotizaron estos materiales (Valtubgua, Multiválvulas y Revama) sugirieron que se debe realizar un recambio cada cinco años. Los aceites del motor y la bomba,

también se analizaron con esta fórmula, ya que en el primer de uso, se requiere hacer cambio acorde al manual y se tomó como supuesto que luego de cinco meses iba a requerir otro cambio y después ya solo sería necesario cambiarlo cada seis meses.

Las bujías y el filtro de aire se analizaron con la siguiente fórmula:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/F, 2\%, \text{Período para reposición})$$

2) Celda. Las hojas de níquel necesarias para las placas, el perno de plástico, las arandelas de plástico, las tuercas de metal, los pernos de metal, la cinta de teflón y el cloruro de sodio se analizaron con la siguiente fórmula:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/P, 2\%, 120) - \text{Costo total}(A/F, 2\%, \text{Período para reposición})$$

Esto se debe a que, según las pruebas realizadas en el laboratorio por la estudiante de Ingeniería Química, las placas de níquel se fueron desgastando debido a componentes químicos generados en el proceso. Al desgastarse las placas, deben ser cambiadas. No se sabe exactamente cuando, por lo que se supuso tres meses. Ya que el perno de plástico, las arandelas y las tuercas están adheridas a las placas, pueden sufrir daños, por lo tanto también deben ser cambiadas. Los pernos de metal no están adheridos a las placas, pero están en contacto con la orina, por lo que será necesario su cambio. Se supuso también tres meses. El cloruro de sodio es necesario para el proceso químico y este se debe reponer todos los días, o bien, una cantidad estimada al mes. La cinta de teflón es necesaria cambiarla para evitar que haya fugas. Se hizo la suposición que cada año debe cambiarse.

Los accesorios de tubería ABS, la manguera de polietileno, el tubo acrílico, el codo giratorio y la válvula de cheque se analizaron con la siguiente fórmula:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/P, 2\%, 120)$$

Se analizó de esta manera ya que los polímeros de ABS (Association of Plastics Manufacturers, 2016), polietileno (Polietileno del Sudeste, 2016) y el acrílico (Acrilfrasa, 2016) son altamente duraderos. El codo, en cambio, está hecho latón niquelado, el cual se caracteriza por ser anti-corrosivo, por lo tanto, durará bastante tiempo. ((Evek, 2016)

3) Generación eléctrica. El panel y el transformador se analizaron de la siguiente manera:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/P, 2\%, 120)$$

Esto se debe a que a los paneles tienen una vida útil muy larga. (Mundo Solar, 2016), por lo que no sería necesario un recambio para el período de diez años establecido. Con el transformador sucede lo mismo. (Electrical Construction & Maintenance, 2016).

La anualidad de las baterías, en cambio, se analizó de la siguiente manera:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/P, 2\%, 120) - \text{Costo total}(A/F, 2\%, \text{Período para reposición})$$

Las baterías, a diferencia de los paneles, sí requieren un recambio. Acorde al vendedor de Celcomer, donde se cotizaron las baterías, estas requieren un recambio cada tres años.

4) Transporte de agua. Todos los materiales en esta actividad se analizaron de la siguiente manera:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/P, 2\%, 120)$$

Esto se debe a que todos los materiales, a excepción del tubo de succión, están hechos de PVC, el cual es un material de alta duración (Asoven 2016). El tubo de succión, ya que está hecho de un polímero, también puede considerarse que durará bastante tiempo.

f. Razón costo – eficacia. Para determinar la eficacia en tiempos, se deben tener en cuenta los siguientes razonamientos. Se sabe que al menos cuatro mujeres deben bajar a depositar la orina de sus familias y velar por el funcionamiento de la unidad. Si se establecen turnos, cada día tendrán que bajar al menos cuatro mujeres diferentes. Ya que se supuso que cada familia se compone de una mujer y que en efecto, hay cuarenta y cuatro familias, significa que al llegar el día once del mes, ya habrán hecho su turno las cuarenta y cuatro mujeres de la comunidad. Si pasan los siguientes once días del mes, ya habrán hecho su turno las cuarenta y cuatro mujeres por segunda vez. Quedan ocho días para que termine el mes. Si en esos ocho días hacen su turno solo cuatro mujeres, treinta y dos mujeres habrán hecho su turno al terminar el mes y quedarán doce mujeres sin realizar su tercer turno. Para facilitar el cálculo de la eficacia, se

debe lograr que todas las mujeres hagan su turno por tercera vez. Por lo tanto, las mujeres que estén pendientes por hacer su turno en esos 8 días, se distribuirán de la siguiente manera:

Tabla 56: Distribución de turnos de mujeres pendientes

| | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Número de mujeres | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |

De esta manera logramos que las cuarenta y cuatro mujeres se encarguen del funcionamiento de la unidad tres veces al mes. Las celdas requieren de 35 minutos para generar hidrógeno y aparte el motor debe funcionar por 12 minutos. Se requieren 6 corridas, lo que equivale a 3.7 horas, por lo tanto, las mujeres que estén velando por el funcionamiento de la unidad, deben permanecer ahí hasta que la unidad haya terminado de funcionar. Aquí se tomará en cuenta también el tiempo que les toma descender al pozo y ascender nuevamente a la comunidad. Sin cargar un peso significativo, toma 5 minutos tanto ascender como descender, por lo que en total, toma 10 minutos realizar todo el recorrido. Por último, se debe tomar en cuenta que el tiempo actual que pierden todas las mujeres todos los días acorde a nuestro escenario es de 2 horas. Teniendo estos datos, podemos determinar cuánto tiempo se están ahorrando las mujeres de la comunidad al mes en abastecerse de agua mediante los siguientes cálculos:

$$\textit{Tiempo desperdiciado actual: } 2 \text{ horas} \times 30 = 60 \text{ horas}$$

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo desperdiciado con la unidad: } & 3.7 \text{ h} \times 3 \text{ veces} \\ & + 10 \text{ min} \times 3 \text{ veces} = 11.6 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\textit{Tiempo ahorrado de una muje: } 60 \text{ horas} - 11.6 \text{ horas} = 48.4 \text{ horas}$$

Una mujer de la comunidad, al mes, se está ahorrando 48.4 horas si se instala la unidad de Megaproyecto.

Ya teniendo los tiempos ahorrados mensuales y los costos mensuales, podemos obtener nuestra razón de Costo – Eficacia mensual:

$$\frac{\textit{Costo}}{\textit{Eficacia}} = \frac{Q 3,603.59}{48.4 \text{ horas ahorradas}} = \frac{Q74.45}{\textit{hora ahorrada}}$$

5. Unidad con gasolina

a. Descripción de la unidad. La unidad con gasolina funcionaría de forma parecida a la unidad prototipo del Megaproyecto. Esta, sin embargo, no necesita de orina ni de celdas para funcionar. Simplemente el motor con la bomba se colocaría en el pozo más lejano y el motor en lugar de funcionar con hidrógeno, funcionaría con gasolina.

b. Escenarios y supuestos

1) Aspectos verdaderos. El motor tiene un tanque de gasolina adherido, el cual tiene una capacidad de dos litros de gasolina y el motor gasta un litro de gasolina por hora. Esta unidad, al igual que la unidad de Megaproyecto, tendría que funcionar por 12 minutos o 0.2 horas. Por lo tanto, para saber cada cuanto se debe llenar este tanque, se hicieron los siguientes cálculos:

Cada 10 días tendrían que abastecerse de gasolina. Existe una gasolinera que se encuentra a 12 kilómetros de la comunidad y solo una familia de las 44, posee un carro.

$$\frac{1 L}{1 h} \times 0.2 h = 0.2 L$$

$$\frac{1 día}{0.2 L} \times 2L = 10 días$$

Cada diez días tendrían que abastecerse de gasolina. Existe una gasolinera que se encuentra a 12 kilómetros de la comunidad y solo una familia de las 44, posee un carro.

2) Aspectos supuestos y definición de escenario. Suponiendo que todos los meses del año se componen de 30 días y sabiendo que 2 Litros equivalen aproximadamente a medio galón, indica que en un mes se requiere de un galón y medio para satisfacer la demanda de gasolina del motor. Para no realizar un viaje a la gasolinera cada vez que el motor se quede sin combustible, se supondrá en este escenario que los pobladores almacenarán gasolina que alcance para seis meses en contenedores y una vez pasado este período de tiempo, se hará un viaje a la gasolinera a comprar lo suficiente para otros seis meses. En total, se requerirán 9 galones por seis meses. Esto da lugar a que se compren dos contenedores de gasolina de 5 galones. Serían dos, con el objetivo que solo una persona pueda

ser capaz de cargar el contenedor de gasolina y llenar el tanque del motor. Ya que solo una familia posee carro y solo son dos viajes al año, no se tomará en cuenta el tiempo invertido en estos viajes, pues solo los está realizando una familia y el tiempo invertido no es significativo. Todos los días, alguien tendrá que bajar al pozo más lejano a encender el motor y controlar el proceso. Ya que cada mes consta de treinta días, podemos suponer que dieciséis de esos días va solo una mujer a controlar el proceso y los otros catorce días van dos mujeres. De esta manera, las cuarenta y cuatro mujeres de las cuarenta y cuatro familias habrán cumplido su turno del mes de encargarse de hacer fluir el agua para la comunidad. Por lo tanto, cada mujer deberá invertir 12 minutos al mes de su tiempo para cumplir con su turno.

c. Costos de la Unidad con gasolina

Tabla 57: Costos de la Unidad con gasolina

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|------------|--------------------------------|----------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Combustión | Motor | 1 | Q2,474.63 | Q2,474.63 | No hasta después de 10 años | -Q54.56 |
| | Aceite de motor | 1 | Q48.00 | Q48.00 | 6 | -Q8.67 |
| | Aceite de la caja de reducción | 1 | Q48.00 | Q48.00 | 6 | -Q8.67 |
| | Filtro de aire | 1 | Q59.99 | Q59.99 | 12 | -Q4.47 |
| | Bujía del motor | 1 | Q35.18 | Q35.18 | 12 | -Q2.62 |
| | Bomba | 1 | Q3,217.50 | Q3,217.50 | No hasta después de 10 años | -Q70.94 |

Continuación Tabla 55

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|--------------------|----------------------------|-----------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Combustión | Aceite para bomba | 1 | Q48.00 | Q48.00 | 6 | -Q8.67 |
| | Bujía para bomba | 1 | Q29.99 | Q29.99 | 12 | -Q2.24 |
| | Gasolina | 9 galones | Q26.00 | Q234.00 | 6 | -Q42.25 |
| | Contenedores de 5 galones | 2 | Q237.23 | Q474.46 | 60 | -Q14.62 |
| Transporte de agua | Tubería PVC 2" de 6 metros | 30 | Q115.00 | Q3,450.00 | No hasta después de 10 años | -Q76.07 |
| | Válvula de bola 2" | 4 | Q246.30 | Q985.20 | No hasta después de 10 años | -Q21.72 |
| | Codos de 90 grados 2" | 5 | Q24.00 | Q120.00 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 |
| | Tubo de succión | 1 | Q120.30 | Q120.30 | No hasta después de 10 años | -Q2.65 |

Anualidad total mensual: Q 320.80

Costo total inicial: Q11,345.24

d. Anualidades de los costos. Todos los materiales de transporte de agua, la bomba y el motor se analizaron de esta manera:

$$Anualidad = -Costo\ total(A/P, 2\%, 120)$$

El aceite de motor, el aceite de la caja de reducción, el aceite para la bomba, la gasolina y los contenedores se analizaron de la siguiente manera:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/P, 2\%, 120) - \text{Costo total}(A/F, 2\%, \text{Período para reposición})$$

Los aceites se analizaron de esta manera, ya que en el primer de uso, se requiere hacer cambio acorde al manual y se tomó como supuesto que luego de cinco meses iba a requerir otro cambio y después ya solo sería necesario cambiarlo cada seis meses.

La gasolina y los contenedores se analizaron así, ya que al inicio del primer mes, se compraría la gasolina y de una vez se almacenaría en los contenedores. Luego, se compraría gasolina cada seis meses, mientras que los contenedores se comprarían cada cinco años suponiendo que para ese entonces requieran reposición. Que se haga su reemplazo o no, no causa una variación significativa en los costos.

El filtro de aire y las bujías del motor y la bomba se analizaron de esta manera:

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/F, 2\%, \text{Período para reposición})$$

e. Razón costo – eficacia. Si cada mujer va una vez al mes a velar por el funcionamiento de la unidad, la cual funciona por 12 minutos, significa que pierden 12 minutos al mes de su tiempo. Si se le agrega el tiempo que les toma realizar el recorrido, el cual tomaría 5 minutos de descenso y 5 minutos de ascenso, podemos establecer que en total, una mujer al mes pierde 22 minutos de su tiempo, velando por el funcionamiento de la unidad. Sabiendo que en el escenario actual, una mujer invierte 2 horas al día recogiendo agua, podemos hacer el siguiente cálculo para determinar el tiempo ahorrado:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo ahorrado de una mujer: } & 3600 \text{ minutos} - 22 \text{ minutos} \\ & = 3578 \text{ minutos} = 59.63 \text{ horas} \end{aligned}$$

Esto significa que al mes, una mujer se está ahorrando 59.63 horas. Teniendo en cuenta este dato y los costos mensuales, es posible determinar la razón de costo – eficacia:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Eficacia}} = \frac{Q \ 320.80}{59.63 \text{ horas ahorradas}} = 5.38 \frac{Q}{\text{hora ahorrada}}$$

6. Mochilas Aguapac

a. Descripción de la unidad. Son mochilas, cuya función es ayudar al que la use a acarrear agua o cualquier otro líquido. El material con que está hecha es de polipropileno tejido de alta calidad. Esta tiene la capacidad 5 galones de agua, lo que equivale a dos tinajas. Posee tirantes que se ajustan a la estructura física y actividad a desarrollar de la persona. Su vida útil es de dos años, es desechable y reemplazable. (Pedroso, Melisa, et al. 2013).

b. Escenarios y supuestos

1) Aspectos verdaderos. Si se llevaran las mochilas Aguapac a la comunidad de Panimache V, habría que considerar cuánto costaría traerlas a Guatemala. El Megaproyecto Baktun estableció tres formas de importar estas mochilas al país: Vía Área, mediante un consolidado marítimo o un contenedor. Por vía área el costo unitario es de Q 51.37, por consolidado marítimo es de Q11.61 y por contenedor es Q6.82. (Pedroso, et al. 2013)

2) Aspectos supuestos y definición de escenario. Las mochilas se comprarían por vía aérea, ya que llegarían más rápido al país. Además, si se pidieran por los otros dos medios, habría que pedir miles de mochilas y en este caso particular, solo se abastecerá de mochilas a las 44 mujeres y a sus dos niños cada dos años.

c. Costos de las Mochilas Aguapac

Tabla 58: Costos de las Mochilas Aguapac

| Actividad | Materiales | Unidades | Costo unitario | Costo total | Período para reposición (meses) | Anualidad mensual |
|---------------------|------------------|----------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Recolección de agua | Mochilas Aguapac | 132 | Q51.37 | Q6,780.84 | 24 | -Q372.40 |

Anualidad total mensual: Q 372.40

Costo total inicial: Q6,780.84

d. Anualidades de los costos

$$\text{Anualidad} = -\text{Costo total}(A/P, 2\%, 120) - \text{Costo total}(A/F, 2\%, 24)$$

e. Razón costo – eficacia. Una mochila Aguapac puede llevar el doble de agua que una tinaja. Al pozo más cercano, acorde a nuestro escenario actual, se necesitan dos recorridos para obtener 5 galones de agua. Sin embargo, se debe hacer presente la restricción de que este pozo solo puede abastecer 5 galones de agua a cada familia, pues luego se secará. Por lo tanto, con una mochila Aguapac, en un viaje al pozo más cercano, se habrán recolectado 5 galones, pero no podrá regresar a realizar un segundo viaje, pues ya no habrá agua. Por lo tanto, los 15 galones restantes se deben recolectar en el pozo más lejano. Ya que los niños regresan de la escuela en las tardes, podrán ayudar a sus madres a recolectar agua. Como en el escenario actual dice que cada familia consta de dos niños, quiere decir que hay tres personas disponibles para recolectar agua en las tardes: La mujer y sus dos hijos. En un viaje al pozo más lejano, por lo tanto, serían capaces de recolectar los 15 galones restantes. Si un viaje al pozo más cercano dura 20 minutos y un viaje al más lejano dura 40 minutos, quiere decir que las mujeres, junto con sus niños, se están ahorrando 1 hora de recolección de agua todos los días. Al mes, por lo tanto, se están ahorrando 30 horas.

Teniendo a disposición el tiempo ahorrado y los costos mensuales, se obtiene la razón de Costo – Eficacia:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Eficacia}} = \frac{Q \ 372.40}{30 \text{ horas ahorradas}} = 12.41 \frac{Q}{\text{hora ahorrada}}$$

7. Análisis de factibilidad

Primera comparación: Mochilas Aguapac vs No hacer nada

$$\frac{C}{E} = \frac{372.40}{30} = 12.41$$

Segunda comparación: Unidad Megaproyecto vs Mochilas Aguapac

Unidad Megaproyecto será la retadora y Mochilas Aguapac la defensora.

$$\frac{\Delta C}{\Delta E} = \frac{3,603.59 - 372.40}{48.4 - 30} = 175.61$$

$$175.61 > 12.41$$

$$\left(\frac{\Delta C}{\Delta E}\right)_{\text{retadora}} > \left(\frac{C}{E}\right)_{\text{defensora}}$$

No hay dominancia. Ambas opciones se mantienen para evaluación posterior. La Unidad Megaproyecto se convierte en la nueva defensora.

Tercera comparación: Unidad de gasolina vs Unidad de Megaproyecto
 Unidad de gasolina será la retardadora y Unidad de Megaproyecto será la defensora.

Unidad de Megaproyecto

$$\frac{C}{E} = \frac{3,603.59}{48.4} = 74.45$$

$$\frac{\Delta C}{\Delta E} = \frac{320.80 - 3,603.59}{59.63 - 48.4} = -292.32$$

$$74.45 > -292.32$$

$$\left(\frac{\Delta C}{\Delta E}\right)_{retadora} < \left(\frac{C}{E}\right)_{defensora}$$

Se puede observar que se está invirtiendo más dinero en la Unidad de Megaproyecto, pero esta resulta ser menos eficaz que la Unidad de gasolina. Existe dominancia, por lo que se elimina la Unidad de Megaproyecto se elimina.

Ahora las Mochilas Aguapac vuelven a ser las defensoras.

$$\frac{\Delta C}{\Delta E} = \frac{320.80 - 372.40}{59.63 - 30} = -1.74$$

$$12.41 > -1.74$$

$$\left(\frac{\Delta C}{\Delta E}\right)_{retadora} < \left(\frac{C}{E}\right)_{defensora}$$

Al analizar ambas razones por separado, se puede observar que para las mochilas Aguapac sería necesario pagar Q 12.413 por hora ahorrada, mientras que en la Unidad de gasolina se pagaría Q 5.38 por hora ahorrada. Esto indica que el pago por hora ahorrada en la Unidad de gasolina es menor y comparando la eficacia de ambas, se observa que la Unidad de gasolina es más eficaz. Por lo tanto, existe dominancia y se elimina la alternativa de Mochilas Aguapac.

D. Visita a la comunidad

1. Encuesta Grupo Focal. Esta se llevó a cabo con aproximadamente la mitad de las mujeres de la comunidad. Todas hablaban K'iché, por lo que fue necesario contratar a un traductor para poder llevar a cabo esta tarea. A excepción de dos preguntas, todas dieron una respuesta unánime, por lo que no se hicieron gráficos. Estas preguntas se realizaron con el objetivo de evaluar si habría un impacto positivo en la comunidad con la instalación de la unidad. En efecto, la unidad lograría reducir los tiempos en la recolecta de agua, pero no brindaría ningún beneficio económico, ya que las mujeres no estarían dispuestas a realizar una labor económica teniendo tiempo libre, solo se dedicarían a tejer vestimentas y estas no las venderían por ningún motivo. La salud tampoco tendría alguna mejora, ya que casi nunca se enferman, mantienen una buena higiene y solo una persona reportó haber tenido un accidente en sus recorridos para abastecerse de agua. Los niños tampoco se ven afectados en el tema de la educación, ya que no dejan de ir a la escuela para recoger agua. En cuanto a los recorridos, realizan entre 4 y 5 en verano y 2 en invierno. Al pozo más lejano tardan aproximadamente 40 minutos en recoger agua, mientras que al cercano tardan aproximadamente 20 minutos.

En las siguientes páginas se puede observar el documento que se utilizó para el grupo focal.

Preguntas grupo focal

Objetivo

Mediar el impacto de la futura instalación de la unidad en la aldea de Panimache V a través de posibles beneficios que puedan ser brindados por la unidad.

Desarrollo del grupo focal

Se realizará un grupo focal con las mujeres y los niños de la aldea. Se contará con un traductor, quien traducirá las preguntas aquí presentes. La forma de llevar a cabo a esta actividad será la siguiente:

1. El traductor leerá la pregunta.
2. Luego procederá a traducir la primera opción de respuesta.
3. Las personas que levanten la mano serán apuntadas. Luego el traductor traducirá la siguiente opción de respuesta y otra vez se apuntará a las personas que levanten la mano. Esto se repetirá hasta que se acaben las opciones de respuesta para las preguntas.
4. En caso se llegue a la opción de respuesta "Otra:" se procederá a escuchar la respuesta de cada una de las personas que hayan elegido esta opción y se apuntará su respuesta.

Materiales:

1. Cronómetro: Se utilizará para medir el recorrido de ida y vuelta hacia los dos pozos de la aldea.
2. Computadora: Se utilizará para apuntar las respuestas de las mujeres y niños en el Grupo Focal.

Preguntas:

Si hay niños presentes, entonces se pedirá que respondan primero las mujeres mayores de 18 años, luego los niños y jóvenes y por último las niñas y las jóvenes.

1) ¿De dónde obtiene el agua?

- a. De los pozos
- b. Del agua de la lluvia
- c. La consiguen en el pueblo más cercano
- d. Otra opción:

2) ¿Beben el agua que obtienen?

- a. Sí
- b. No

i. Si respondieron que Sí, preguntar: ¿Qué tipo de tratamiento le proporcionan al agua?

- a. La hierven
- b. La filtran o utilizan Ecofiltro
- c. La cloran
- d. Otra opción:

ii. Si respondieron que No, preguntar: ¿De dónde obtienen el agua para beber? Anotar las respuestas que proporcionen.

3) ¿Cuántos días se baña a la semana?

- a. Todos los días
- b. 6 días
- c. 5 días
- d. 4 días
- e. 3 días
- f. 2 días
- g. 1 día
- h. No me baño

- 4) ¿Se lava las manos antes comer o preparar comida?
- a. Sí
 - b. No
- 5) ¿Han padecido alguna enfermedad estomacal?
- a. Sí – Una persona
 - b. No
 - i. En caso la respuesta haya sido afirmativa preguntar: ¿Qué tan seguido se enferma?
 - a. Siempre tiene malestar estomacal
 - b. Cada mes
 - c. Cada tres meses
 - d. Cada seis meses
 - e. Una vez al año
 - f. Otra opción: Debes en cuando

Las siguientes preguntas aplican únicamente a los que eligieron que van recoger agua a los pozos. Como siempre, primero responden las mujeres mayores de 18 años, luego los niños y jóvenes y por último las niñas y las jóvenes.

Para esta pregunta en específico, si hay menores presentes, indicar que esta pregunta únicamente está dirigida a las mujeres mayores de 18 años. Pedir que levanten la mano esas mujeres.

- 6) ¿Es usted quien va a recoger el agua?
- a. Sí
 - b. No
 - i. Si respondió “Sí” la acompaña alguien?
 - a. No
 - b. Mis hijos
 - c. Mi esposo
 - d. Mi mamá
 - e. Mi papá
 - f. Mi hermano
 - g. Mi hermana
 - h. Otra opción: Todos los niños mayores a 9 años.

En esta pregunta todos los presentes pueden responder.

- 7) ¿A cuál de los dos pozos va a recoger agua?
- a. Al más cercano
 - b. Al más lejano
 - c. A los dos
 - d. A ninguno

En esta pregunta, pedir que primero respondan los que eligieron “El pozo más cercano”, luego los que eligieron “El pozo más lejano”.

- 8) ¿Cuánto tiempo se tarda en realizar el recorrido para recoger agua?
- a. 40 minutos – Al más lejano
 - b. 1 hora
 - c. 2 horas
 - d. 3 horas
 - e. 4 horas
 - f. Otra: 20 minutos al más cercano.
- 9) ¿Cuántos días a la semana utiliza usted para ir a recoger agua durante el verano?
- a. Todos los días
 - b. 4
 - c. 3
 - d. 2
 - e. 1
 - f. Ninguno
 - g. ¿Cuántos días? :

- i. Si respondió “Todos los días”, ¿cuántos recorridos realiza usted al día para ir a recoger agua?

- a. 4 ó 5
- b. 3
- c. 2
- d. 1
- e. ¿Cuántos recorridos? :

10) ¿Cuántos días a la semana utiliza usted para ir a recoger agua durante el invierno?

- a. Todos los días
- b. 4
- c. 3
- d. 2
- e. 1
- f. Ninguno
- g. ¿Cuántos días? :

i. Si respondió "Todos los días", ¿cuántos recorridos realiza usted al día para ir a recoger agua?

- a. 4
- b. 3
- c. 2
- d. 1
- e. ¿Cuántos recorridos? :

11) ¿Cuál es la actividad en donde más utiliza el agua?

- a. Para cocinar
- b. Para lavar ropa
- c. Para bañarme
- d. Para limpieza
- e. Para beber
- f. Para lavarme las manos
- g. Otra: Para todo, no se específica.

12) ¿Qué actividades realiza usted aparte de recoger agua?

- a. Solo recojo agua
- b. Ama de casa (Implica cocinar, limpieza en el hogar, etc)
- c. Jornada completa
- d. Media jornada
- e. Estudiar
- f. Otra:

i. Si respondió “Jornada completa” o “Media Jornada”, indicar qué tipo de trabajo realiza:

- a. Tejer
- b. Hacer muebles y sillas
- c. Cultivar parcelas
- d. Realizar y vender Artesanías
- e. Preparar comida para vender
- f. **Jornalera***
- g. ¿Qué trabajo? :

De las 22 mujeres encuestadas, solo dos respondieron que trabajan como Jornaleras media jornada.

13) ¿Qué actividades realizaría usted si tuviera más tiempo libre?

- a. Estudiar
- b. Aprender español
- c. Aprender inglés
- d. Nada
- e. **Tejer**
- f. Hacer muebles y sillas
- g. Cultivar parcelas
- h. Realizar y vender Artesanías
- i. Preparar comida para vender
- j. Jornalero o jornalera
- k. ¿Qué haría? :

14) ¿Alguna vez se ha lastimado o caído en su recorrido para ir a recoger agua?

a. **Sí – Una persona**

b. No

i. Si respondió “Sí” a la pregunta anterior, ¿cuántas veces se ha golpeado o lastimado en este año?

- a. 4
- b. 3
- c. 2
- d. **1**
- e. Otro:

15) ¿Qué pasa si se queda sin agua en un día?

- a. Nunca me quedo sin agua
- b. Me presta mi vecino
- c. Voy a recoger de nuevo aunque sea tarde
- d. Otra:

Esta pregunta va dirigida exclusivamente a las personas presentes menores de 18 años.
Responder primero los niños y jóvenes y luego las niñas y las jóvenes.

16) Para los menores, ¿dejan de estudiar por ir a recoger agua?

- a. Sí
- b. No
- c. Por otra razón y especificar cuál:

2. Fotografías de la visita

Figura 45 Realización del grupo focal



Figura 46 Mujeres de la comunidad y grupo de Megaproyecto



Figura 47 Pozo más lejano



Figura 48 Pozo más cercano

