

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR–JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
SISTEMA DE RESPALDO ENERGÉTICO Y DE CONECTIVIDAD.**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Felipe Ignacio Avila Balladares

Profesor Guía:

Ing. Piero Montenegro Zamora

2022

RESUMEN

KEYWORDS: COVID-19, RESPALDO, CONECTIVIDAD, ARDUINO.

En medio de la crisis sanitaria causada por el virus SARS-COVID19 durante el 2020 y lo que se lleva del 2021, la demanda de conectividad que se produjo en la ciudadanía como consecuencia, experimentó en 2020 un fuerte crecimiento de las conexiones a internet vía remota tanto para los colegios y empresas que no eran de primera necesidad. El consumo de datos ha aumentado considerablemente, un aspecto relevante de este punto es la necesidad de mantener una vinculación constante hacia el mundo externo y el cambio en la forma de pago de muchos clientes.

Es por eso que en el presente trabajo se abordará la integración de un sistema de respaldo energético y de conectividad hacia internet mediante un estudio de prefactibilidad tanto técnica como económica, el uso de MCU e IOT serán utilizados para desarrollar esta solución. Se incluirá además un sistema de monitoreo del estado de conexión, avisando si uno de los elementos (internet o energía eléctrica) está con problemas técnicos, de tal forma de recibir una notificación al usuario final.

Finalmente, se implementará un prototipo para medir y evaluar el funcionamiento de todo el sistema de tal manera que luego se realice un análisis y estudio de mercado para determinar una factibilidad económica y sobre el proyecto y determinar si es o no viable invertir para su desarrollo y venta.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 2

1 ASPECTOS GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 3

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: 3

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:..... 5

1.3 IMPORTANCIA DE RESOLVERLO: 8

1.4 INVOLUCRADOS 8

1.5 REQUERIMIENTOS 9

1.5.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 9

1.5.2 Alternativa seleccionada 11

1.5.3 Valor agregado 12

1.6 OBJETIVOS 12

1.6.1 OBJETIVO GENERAL 13

1.6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 13

CAPÍTULO 2: DESARROLLO Y PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO..... 14

2. DESARROLLO Y PUESTA EN PARCHA DEL PROYECTO 15

2.1 INTRODUCCION A SOLUCION SELECCIONADA 15

2.2 ANALISIS DE INSUMOS 15

2.2.1 Microcontrolador 15

2.2.2 Sensor de Corriente 19

2.2.3 Web para monitorear 22

2.2.4 UPS 25

2.3 DISEÑO DE PROTOTIPO 30

2.3.2 Conceptos básicos de electricidad 30

2.3.1 Circuito electrónico 32

2.3.3 Servidor ThingSpeak..... 34

2.3.4 Código Arduino..... 37

2.3.5 Configuración de alarmas en ThingSpeak 40

2.4 PUESTA EN MARCHA 45

CAPÍTULO 3:	RESULTADOS OBTENIDOS, Evaluación de costos y factibilidad técnica-económica	47
3.	RESULTADOS OBTENIDOS, Evaluación de costos y factibilidad técnica-económica.....	48
3.1	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA Y RESULTADOS OBTENIDOS	48
3.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL SISTEMA	48
3.3	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	53
3.3.1	Costo de elementos e insumos	54
3.3.2	Costo de horas persona (HP)	54
3.4	FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	57
3.5	¿Es factible el proyecto?.....	62
3.6	EVALUACION DE OBJETIVOS.....	62
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
	BIBLIOGRAFIA	65
	ANEXO A: CODIGO DE PRUEBA DE SENSOR SCT-013-030.....	66
	ANEXO B: CODIGO FINAL DE WEMOS D1 MINI.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Grafico de encuesta sobre problemas de energía e internet.	3
Figura 1-2. Crecimiento de ventas con tarjetas Transbank online y físico (var % anual)	6
Figura 1-3. Porcentaje de trabajadores en cada condición.	7
Figura 2-1 Arduino UNO	16
Figura 2-2 WiFi ESP8266 WeMos D1 Mini	17
Figura 2-3 Raspberry Pi	18
Figura 2-4 Sensor de corriente SCT-013-030	20
Figura 2-5 Sensor 30A – ACS712	20
Figura 2-6 Sensor de corriente SCT-013-000	21
Figura 2-7 Conexión de sensor para medir corriente	21
Figura 2-8 Ejemplo de Interfaz de ThingSpeak.....	23
Figura 2-9 Ejemplo de interfaz de Adrafruit.....	24
Figura 2-10 Ejemplo de interfaz de Cayenne	25
Figura 2-11 Router Industrial 4G DualSIM y GPS Glonass.....	27
Figura 2-12 Router D-Link 4G N300 LTE	28
Figura 2-13 Router TP-LINK 3G / 4G N300 TL-MR 3420.....	28
Figura 2-14 Forma de onda de corriente alterna	30
Figura 2-15 Diagrama de flujo de programa arduino.....	31
Figura 2-16 Diagrama de conexión de proyecto a implementar	32
Figura 2-17 Conexión sensor a conversor ADS1115 y Wemos D1mini.....	33
Figura 2-18 D.A.C ADS1115	34
Figura 2-19 Perfil creado en thingspeak	35
Figura 2-20 Canal creado para presentar prototipo	35
Figura 2-21 configuración de canal	35
Figura 2-22 Canal configurado y preparado para recibir información	36
Figura 2-23 Código en Arduino idu_01	37
Figura 2 -24 Código en Arduino idu_02.....	37
Figura 2-25 Código en Arduino idu_02	38
Figura 2-26 Código en Arduino idu_03	38
Figura 2-27 Código en Arduino idu_03	40
Figura 2-28 Esquema general para configurar el mail mediante IFTTT	41

Figura 2-29 Configuración final de app thinghttp	42
Figura 2-30 Configuración final de app React	43
Figura 2-31 Envío de correo ante un evento en IFTTT	44
Figura 2-32 Configuración de ThingHTTP	44
Figura 2-33 configuración de app React.....	45
Figura 2-34 Portal de thingspeak en funcionamiento.....	46
Figura 3-1 Medición de corriente eficaz visualizada a través de un widget de Thingspeak....	48
Figura 3-2 Medición de corriente eficaz y potencia través de gráficos de Thingspeak.....	49
Figura 3-3 Aplicación para celular thingview	49
Figura 3-4 Alertas de energía e internet	50
Figura 3-5 Mensaje de alerta por caída de energía	51
Figura 3-6 Monitoreo de energía al momento de su caída	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Criterios de aceptación.....	9
Tabla 1-2 Puntuación de alternativas de solución	11
Tabla 1-3 Comparativa de alternativas	11
Tabla 2-1 Comparativa de ups.....	26
Tabla 3-1 Tabla de costos en componentes.....	54
Tabla 3-2 Tabla de actividades y costos HP.....	56
Tabla 3-3 Tabla comparativa de proveedores ISP.....	56
Tabla 3-4: Tabla de costos fijos y costos variables.....	58
Tabla 3-5: Tabla de sumatoria de costos fijos y variables.....	58
Tabla 3-6: Calculo de capital de trabajo mediante déficit acumulado máximo (UF).....	59
Tabla 3-7: Tabla de flujo de caja de proyecto	60
Tabla 3-8: Indicadores VAN, TIR, IVAN	60

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS:

API	: Interfaz de programación de aplicaciones.
BAM	: Banda ancha móvil.
ICSP	: Programación serial en circuito (In circuit serial programming).
IOT	: Internet de las cosas (Internet of things).
MCU	: Microcontrolador.
PWM	: Modulación por ancho de pulso (Pulse width modulation).
SIMCARD	: Módulo de identificación de abonado (Subscriber Identity Module).
TCP/IP	: Protocolo de control de transmisión/Protocolo de internet.
UPS	: Sistema de alimentación ininterrumpida (Uninterruptible power supply).
USB	: Bus serial universal (Universal serial bus).
UART	: Transmisor-receptor asíncrono universal (Universal asynchronous receiver-transmitter).

B. SIMBOLOGÍA

A	: Ampere, unidad de medida de corriente.
AC	: Corriente alterna.
DC	: Corriente continua o Direct current como su sigla en inglés.
Hz	: Hertz, unidad de medida de frecuencia.
K	: kilo, unidad para representar potencia 10^3 .
V	: Volt, unidad de medida de tensión.
VA / W	: volts-ampere, unidad de medida de potencia.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se abordará la integración de un sistema de respaldo energético y de conectividad hacia internet, mediante un estudio de prefactibilidad tanto técnica como económica, el uso de MCU e IOT serán importantes para el desarrollo de esta solución, siempre enfocado a ofrecer un producto para empresas y hogares que lo necesiten.

El estudio por realizar estará dividido en 2 partes, siendo la primera un análisis basado en resultados de indicadores económicos como el VAN y el TIR obtenido de un flujo de caja. De este mismo permitirá ordenar y controlar los ingresos y gastos del negocio, para garantizar la liquidez, por consiguiente, la viabilidad del proyecto. El modelo por utilizar será el de inversión, que se refiere a las inversiones realizadas, y de las que se espera conseguir un futuro beneficio.

Parte del estudio de mercado que se estará realizando también involucra una investigación y comparativa respecto a lo que ofrece el mercado actual, esto para potenciar los beneficios que el proyecto propuesto pueda abarcar respecto a otros servicios o productos.

La otra parte del estudio será relacionado a una factibilidad técnica, este apartado estará analizando y cuestionando la capacidad técnica para desarrollar el producto (desde materiales e insumos hasta el conocimiento y capacidad del profesional para desarrollarlo) e implementarlo.

De estos estudios se llegará a una conclusión que indicará si este proyecto garantiza obtener una viabilidad respecto a otros proveedores o servicios ofrecidos en el mercado.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

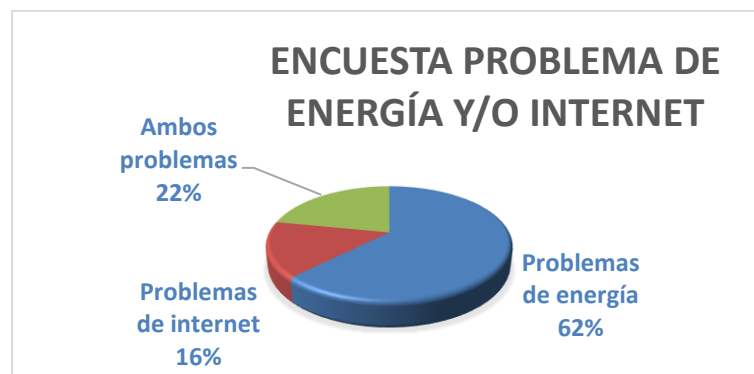
1. ASPECTOS GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se detallarán aspectos relevantes para la comprensión y contextualización del proyecto, tales como la problemática a enfrentar y la solución que se propone mediante un estudio previo de factibilidad tanto técnica como económica del sistema de respaldo.

Mediante el monitoreo de la red eléctrica (corriente, potencia) se espera poder levantar una red de respaldo energético y de internet ante cualquier anomalía de esta, para los fines que sea necesario según el lugar donde se implemente. El sistema puede ser monitoreado desde una plataforma en la web, donde se podrá visualizar y analizar el flujo de estos datos en vivo, además de enviar alertas al usuario. Todo esto usando tecnología IoT para hacer la integración de un sistema respaldo energético común con la conexión a internet que, a su vez es de alta demanda para la vida cotidiana actualmente.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En el último tiempo la sociedad en su totalidad se vio afectada por este cambio en la forma de vivir, debido a la pandemia que se mantiene hasta el día de hoy, esto conlleva a que la mayoría de las empresas y personas tuvieran un cambio drástico en las tareas a realizar a diario. Se realizó una encuesta a 2 minimarkets en el sector de Forestal y trabajadores de la empresa Entel Contact Center (30 trabajadores en modo teletrabajo) para saber el impacto que ha tenido la problemática de energía y conexión a internet.



Fuente: Elaboración propia en excell.

Figura 1-1. Gráfico de encuesta sobre problemas de energía e internet.

Tras estas encuestas realizadas, en el caso del minimarket Patricia del Carmen Tachoiros Poblete ubicada en AV. Blanca Vergara 1086, Viña del Mar, Valparaíso, donde se consultó el impacto que ha tenido la pandemia durante estos últimos 2 años y el resultado fue notorio. De una venta mensual de aproximadamente 1.500 boletas lo que representa un total de 600 clientes (un cliente puede hacer más de una compra en el día en el mismo local) el pago realizado por los clientes ha sido de un 80% con tarjeta de crédito o débito y el resto mediante transferencia y pago en efectivo, como tal el local tuvo que adaptarse previamente a este cambio e implementó el uso de Transbank para ofrecer un medio alternativo de pago a sus clientes.

Este mismo local tiene sus congeladores, vitrinas de fríos para líquidos, repostería y deben mantener una cadena de frío constante para que sus productos cumplan con el reglamento sanitario de los alimentos del ministerio de salud (DTO. 977/96). Por lo que un corte de energía eléctrica se ha generado una pérdida por un monto de \$250.000 en alimentos y pastelería cuando ocurren caídas energéticas muy largas.

El caso anterior plantea un problema de energía por sobre la conexión a internet. En este otro ejemplo se explica la problemática sobre las conexiones remotas de aquellos trabajadores cuyo desempeño laboral dependen de esta misma, así es el caso de un grupo de personas seleccionadas en Entel Contact Center, cuya función es atender vía remota las necesidades de los clientes, cada trabajador se encuentra en sus respectivos hogares realizando su jornada, sin embargo, para poder dar abasto con las llamadas entrantes se debe mantener una conectividad mayor al 95% de agentes conectados en turno. Este requisito que posee la plataforma es complejo de cumplir, puesto que en las distintas residencias donde trabaja cada empleado ocurren imprevistos con la conexión, sea desde un incendio en la zona que produce caídas de energía (como es el caso de los que viven en cerros de Valparaíso) o también así pérdidas aleatorias de un servicio fijo debido a que el ISP contratado sufre alguna incidencia en sus sistemas. Esto causa una menor adherencia de agentes al sistema y produce pérdidas en las atenciones a clientes por lo que para Entel representa un problema que puede escalar a grados mayores si sus trabajadores no pueden resolver su problema de conectividad.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

En marzo de 2020 todos los chilenos debieron confinarse en sus casas para evitar el contagio de la pandemia de Covid-19 que azota hasta el día de hoy a todo el planeta. A raíz de esto, ha cambiado la forma de relacionarse, trabajar e incluso hábitos de compras. Lo anterior ha disparado las ventas online y masificado el delivery, al tiempo que es cada vez más notorio ver un aumento de muchas pymes y personas naturales.

De manera inconsciente el uso de esta nueva modalidad de teletrabajo produce una necesidad de no perder energía y la conexión a internet, ya que al perder alguna de estas 2 se pierde conexión con el mundo.

Según el informe del INE en el boletín N°4 con fecha de 15 de marzo del 2021, en enero del año mencionado, un 17,5% de los trabajadores realizan labores a distancia o bajo la modalidad de teletrabajo. Esta modalidad de trabajo se concentra en las personas trabajadoras de los sectores de información y comunicaciones (58,3%), suministro de electricidad y gas (50,8%), enseñanza (41,7%) y actividades financieras y de seguros (39,1%).

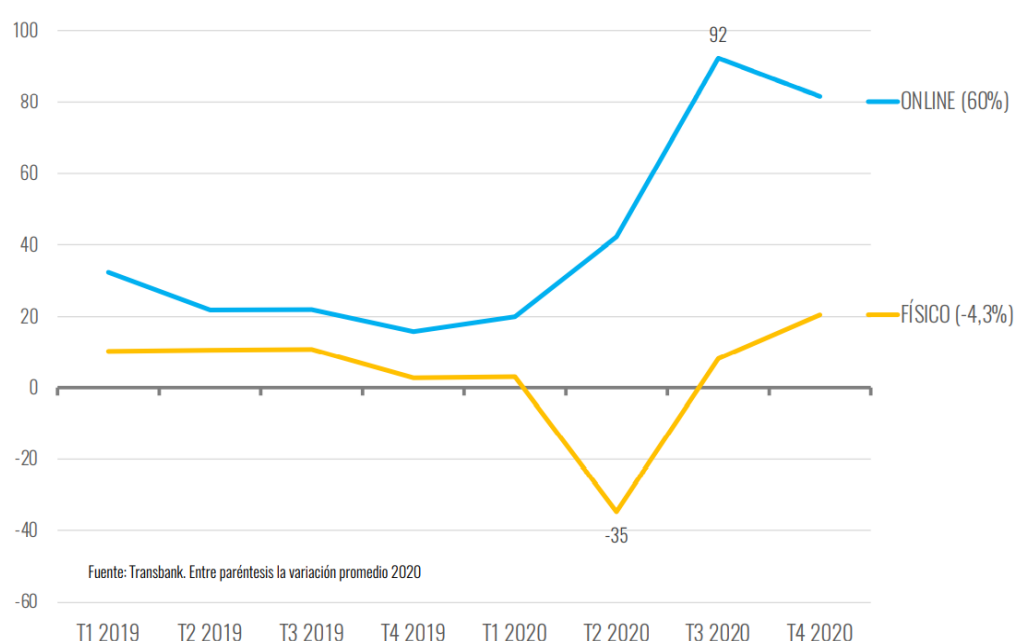
Ese es uno de los principales resultados del boletín complementario COVID-19 de la Encuesta de Remuneraciones y Costo de la Mano de Obra, período octubre de 2020 - enero de 2021, publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas. Se dice que la cifra es menor a la registrada en octubre de 2020, en que el 22,4% de los trabajadores realizó labores a distancia o bajo la modalidad de teletrabajo.

Según los resultados de la última versión del Índice de Transformación Digital 2019 (Corfo, CCS y PMG), las Pymes declaran que los procesos de digitalización y la incorporación de tecnologías básicas, les han ayudado a conseguir nuevos clientes. De esta manera, la incorporación del e-commerce (comercio electrónico) y las redes sociales ha ampliado su capacidad de venta y su sostenibilidad como modelo de negocio. Sin embargo, este mismo índice sostiene que en el país una de cada dos Pymes tiene un nivel de madurez de “Principiante Digital”; es decir, se encuentran dando el primer paso hacia la transformación digital, a través de la incorporación de tecnologías y herramientas digitales básicas. Al ser nuevos en el tema de la digitalización son pocos los que poseen conocimiento suficiente para auto valerse ante una pérdida de conectividad con el sistema de pago o internet (si este se utiliza para publicitar su pyme).

El mercado sufrió una transformación en el medio de pago, pasando del pago en efectivo a pagos en línea y uso de tarjetas de crédito y débito.

Las empresas se adaptaron a un modelo de teletrabajo donde el propio trabajador desde su hogar debe realizar las actividades que normalmente haría en una oficina.

La Figura 1-1 muestra el crecimiento del medio de pago que ha tenido el país durante el primer trimestre del año 2019 hasta el 4 trimestre del 2020 donde se ve un notable cambio en el segundo trimestre que fue donde se comenzaron las cuarentenas en distintas zonas del país.



Fuente: <https://www.ecommerceccs.cl/wp-content/uploads/2021/04/Perspectivas-del-Comercio-Electr%C3%B3nico-George-Lever.pdf>

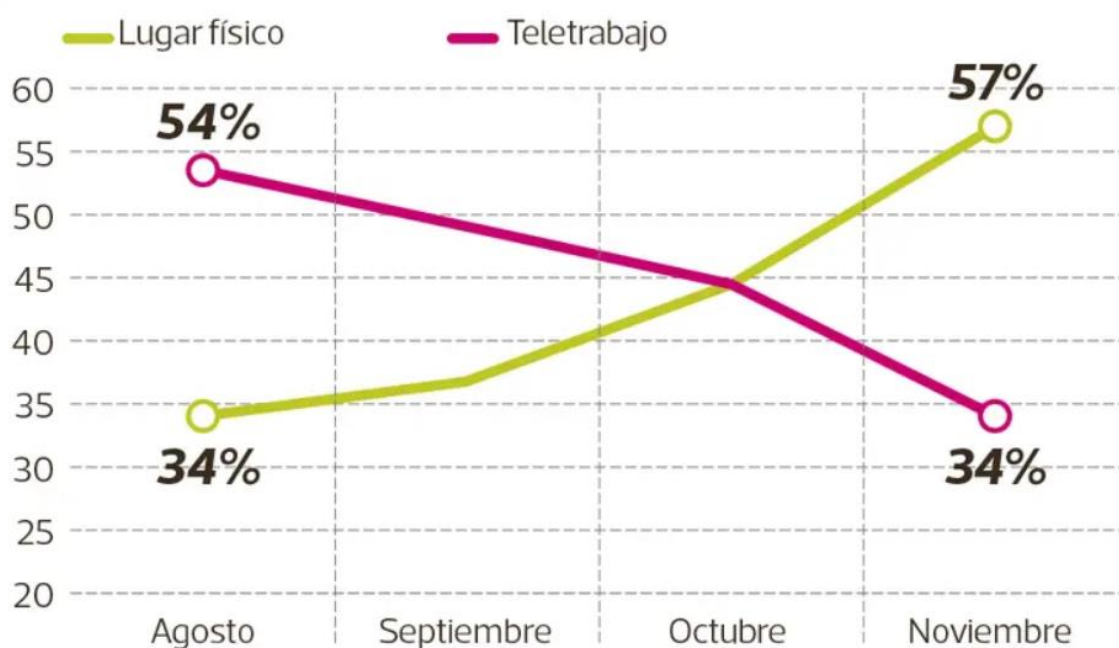
Figura 1-2. Crecimiento de ventas con tarjetas Transbank online y físico (var % anual)

Como se aprecia la forma de pago monetario es notable si se compara a diciembre de 2019 con inicios de Julio en 2020 donde hubo un peak de un 92% de uso de tarjeta o pago online respecto a las compras totales hasta ese momento.

Según una encuesta realizada a 468 lugares de trabajo por la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) reveló que un 95% de las empresas chilenas ha adoptado este sistema para alguna parte de sus trabajadores y el 48% para el total de la empresa. La pandemia del Covid-19 ha aportado lo suyo en este proceso debido a que el 81,3% de las empresas consultadas decidió implementar estas medidas solo por la contingencia sanitaria.

A nivel profesional y en base a un estudio realizado por la Consultora Mando medio denominado “Teletrabajo y clima Laboral” y que encuestó a 650 profesionales en Chile, el 87% de las y los informantes declaró que se encontraba en teletrabajo actualmente (5).

En la figura 1-2 se muestra el resultado de un estudio realizado por la CCS (Cámara de comercio de Santiago) donde se consultó a un grupo de profesionales sobre la modalidad de teletrabajo y trabajo presencial, esto fue realizado en el periodo entre agosto y octubre del año 2020 a un universo de 310 personas.



Fuente: [https://www.latercera.com/resizer/JTY-wg5KlBhkA5tsCR9NwxFI3o=/768x0/smart/filters:quality\(70\):format\(webp\):no_upscale\(\)/cloudfront-us-east-1.images.arcpublishing.com/copesa/26A42IVJHVEKTBULQFMTZ6UKCM.png](https://www.latercera.com/resizer/JTY-wg5KlBhkA5tsCR9NwxFI3o=/768x0/smart/filters:quality(70):format(webp):no_upscale()/cloudfront-us-east-1.images.arcpublishing.com/copesa/26A42IVJHVEKTBULQFMTZ6UKCM.png)

Figura 1-3. Porcentaje de trabajadores en cada condición.

A la actualidad del presente trabajo se mantiene una condición mixta entre modalidad teletrabajo y presencial lo cual ya se toma por hecho que el teletrabajo esta para quedarse, pero eso conlleva a otros problemas que se espera poder resolver con el proyecto propuesto.

1.3 IMPORTANCIA DE RESOLVERLO:

Tanto para las empresas como negocios de barrio la pérdida de conexión eléctrica y de internet en tiempos actuales representa una pérdida no menospreciable para la misma, el uso de tarjetas de débito/crédito hacen que el dinero en efectivo sea escaso en comparación a tiempos anteriores (se pierde potenciales ingresos), perder energía en un local o minimarkets conlleva al corte de la cadena de frío y provoca una merma de todo alimento congelado o que debe mantener temperaturas adecuadas para la venta (pérdida monetaria y productos) a pesar de que si bien Transbank puede presentar caídas propias por su sistema con el hecho de tener un respaldo de conectividad disminuye el impacto de pérdida que puede causar.

Para el caso del ejemplo del grupo de Call Center de Entel significaría una menor cantidad de agentes que se desconecten por algún percance de la compañía de internet o de energía, y aumentaría la adherencia de estos permitiendo mantener una disponibilidad de atender a sus clientes.

1.4 INVOLUCRADOS

En primera instancia se busca poder ofrecer una solución a empresas o minimarkets que requieran un sistema de respaldo de emergencia que avise cuando existe algún problema de conexión, esto les ayudaría mediante el sistema de monitoreo que viene integrado dar aviso ante alguna anomalía en la red, en segunda posición se encuentran los hogares en general ya que hasta la fecha universidades, colegios y trabajos desempeñan una modalidad semi presencial en las actividades a desarrollarse, por lo que sigue siendo una buena opción para no perder alguno de estos 2 elementos de alta demanda.

1.5 **REQUERIMIENTOS**

Se necesita tener un sistema de respaldo energético y de conectividad para así evitar tener alguna pérdida considerable de los insumos y conexiones de internet que requiera una micro/pequeña empresa, además de los hogares. El mismo proyecto busca automatizar este respaldo además de monitorizar las variables eléctricas y estado de conexión de la red, cambio automático de conexión y avisos ante alguna anomalía que se presente en la red eléctrica.

Los criterios de evaluación se muestran en la tabla 1-1 Criterios de aceptación:

Tabla 1-1 Criterios de aceptación

Innovación	Acción de modificar o transformar ligeramente un producto o servicio con el fin de introducirlo al mercado en forma de algo nuevo o novedoso.
Beneficio	Se refiere a un bien que es dado o que es recibido. En este caso, lo que aporta para las empresas mencionadas y hogares.
Factibilidad	Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo cada alternativa sugerida.
Continuidad	Se refiere a duración en el tiempo de la alternativa a largo plazo.
Implementación	Es la ejecución o puesta en marcha de una idea programada, ya sea, de una aplicación informática, un plan, modelo científico, diseño específico, estándar, algoritmo o política.

Fuente: Elaboración propia

1.5.1 **Alternativas de solución**

A continuación, se proponen 3 alternativas para solucionar la problemática presentada:

- **Alternativa 1:** El propio cliente administre su red de respaldo:

Mediante implementación de ups y un modem que haga de cambio de conexión a la red.

- Ventaja: El mismo cliente puede cotizar según lo que necesite los equipos.
- Desventaja: Lamentablemente no todos tienen el conocimiento técnico suficiente para saber cuál es la mejor alternativa de ups o incluso sobre la existencia de algún modem de respaldo por simcard, además de la instalación de estos.

- **Alternativa 2:** Contratar un servicio a algún proveedor de ISP de respaldo de conectividad:

En caso de algún corte del servicio fijo las compañías de telecomunicaciones ofrecen una alternativa de red 3G/4G.

- Ventaja: se paga por un servicio en el que el cliente es asesorado por el personal de la propia compañía, por lo que se respalda la falta de conocimiento.
- Desventaja: actualmente en el mercado son pocas las ofertas de este tipo de servicio, como ejemplo a Entel este ofrece un servicio full dedicado pero el costo de implementación es muy elevado y el respaldo de internet es dependiente de la cobertura que tenga la compañía en la zona.

- **Alternativa 3:** Implementar un sistema de respaldo energético y de conectividad mediante un microcontrolador:

Siendo capaz de realizar un cambio automático en la energía eléctrica y de internet al momento de perderlas. A esto se le agrega el monitoreo constante del consumo de energía y de que la misma implementación no es invasiva a la red eléctrica, por lo que es de fácil instalación. Esta misma propuesta está destinada a abaratar costos y disminuir pérdidas en pequeños locales que no cuentan con el capital suficiente para contratar algún servicio de algún ISP.

Dado el análisis de las posibles alternativas de solución reportadas en el punto anterior, se escoge la que es más factible de desarrollar dadas las limitaciones de recursos y tiempos asignados. La elección debe estar basada en criterios de la tabla 1-2 Puntuación de alternativas de solución.

Tabla 1-2 Puntuación de alternativas de solución

Tabla de Puntuación de Alternativas de Solución				
Muy deficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Óptimo
1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1-3 se puede apreciar la comparativa de las alternativas de acuerdo con los distintos criterios de selección.

Tabla 1-3 Comparativa de alternativas

Característica/Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Innovación	2	3	5
Beneficio	3	4	4
Factibilidad	4	3	4
Continuidad	3	4	5
Implementación	4	3	4
Puntuación total	16	17	22

Fuente: Elaboración propia

1.5.2 Alternativa seleccionada

Para comenzar un microcontrolador es un hardware muy fácil de adaptarse a este tipo de control y monitoreo, su fácil uso en distintos aplicaciones y tareas lo hacen una herramienta versátil y de bajo costo en comparación a un sistema que utilice PLC, este último es más enfocado a trabajar con redes de comunicación más compleja y de tareas enfocadas al área industrial en su mayoría, sumándole que la adquisición de uno también tiene un costo elevado. Por otro lado, Arduino tiene un coste de implementación mucho menor en comparación a un PLC ya que esta más acondicionado para realizar prototipos de circuitos,

lo que para este proyecto es más que suficiente. En el mercado existen todo tipo de módulos para agregar dependiendo de las funciones a utilizar.

Para efecto de este proyecto se agregarán módulos de pantalla LCD para visualizar las variables de energía y conexión a internet, un módulo ESP32 para comunicar el hardware a internet y conectarlo a una nube donde se subirán los datos medidos, alertas y monitoreo en tiempo real de las variables.

Como punto adicional al realizar la implementación de este sistema se efectua una evaluación económica y técnica para validar si la propuesta presentada en este trabajo es factible realizarse e incluso venderse como un producto.

1.5.3 Valor agregado

El proyecto no solo cuenta con sistema de reacción automática ante una caída o desconexión, sino que también mide constantemente la red eléctrica, por lo que es posible importar los datos de medición a una nube accesible desde cualquier dispositivo en cualquier lugar que tenga internet, para así monitorear el consumo eléctrico que tiene la propia red.

El mismo monitoreo de estas variables de corriente e internet permite saber el consumo mensual a través de ThingSpeak (se detalla más adelante) el cual será usado en este proyecto. Este es un software de código abierto escrito en Ruby (lenguaje de programación) que permite a los usuarios comunicarse con dispositivos habilitados para Internet.

1.6 OBJETIVOS

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos que busca dar cumplimiento el presente trabajo de título.

1.6.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema capaz de monitorear y dar respaldo tanto a la red eléctrica como la red de internet, además que, ante alguna anomalía de estas mismas, dé aviso al usuario del problema y levante el respaldo de la conexión faltante.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio de los elementos a utilizar en el proyecto.
2. Diseñar un programa en MCU para monitorear las variables medidas.
3. Realizar estudio de servidores en internet para monitorear y visualizar las variables.
4. Realizar conexiones de módulos y sensores a utilizar.
5. Realizar mediciones de la red eléctrica y conectividad de internet.
6. Evaluación económica de la propuesta del proyecto.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO Y PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO

2. DESARROLLO Y PUESTA EN PARCHA DEL PROYECTO

En este capítulo se entregan detalles del desarrollo del proyecto, elección del hardware y software, diagramas de conexión y bloques, diagrama de flujo, configuración y programación de dispositivos y, puesta en marcha.

2.1 INTRODUCCION A SOLUCION SELECCIONADA

Dada la alternativa seleccionada en el capítulo anterior que consta de implementar un sistema de respaldo energético y de conectividad mediante un microcontrolador, siendo capaz levantar una red secundaria automática de la energía eléctrica y/o de internet al momento de perderlas. A esto se le agrega el monitoreo constante del consumo de energía y de que la misma implementación no es invasiva a la red eléctrica, por lo que es de fácil instalación, de modo que en este capítulo se centrará en el seleccionar los elementos a utilizar, su desarrollo y finalmente implementación.

Esto es una introducción muy breve donde se pretende recordar la idea a trabajar, así de manera ordenada se irá explicando paso a paso el desarrollo del proyecto.

2.2 ANALISIS DE INSUMOS

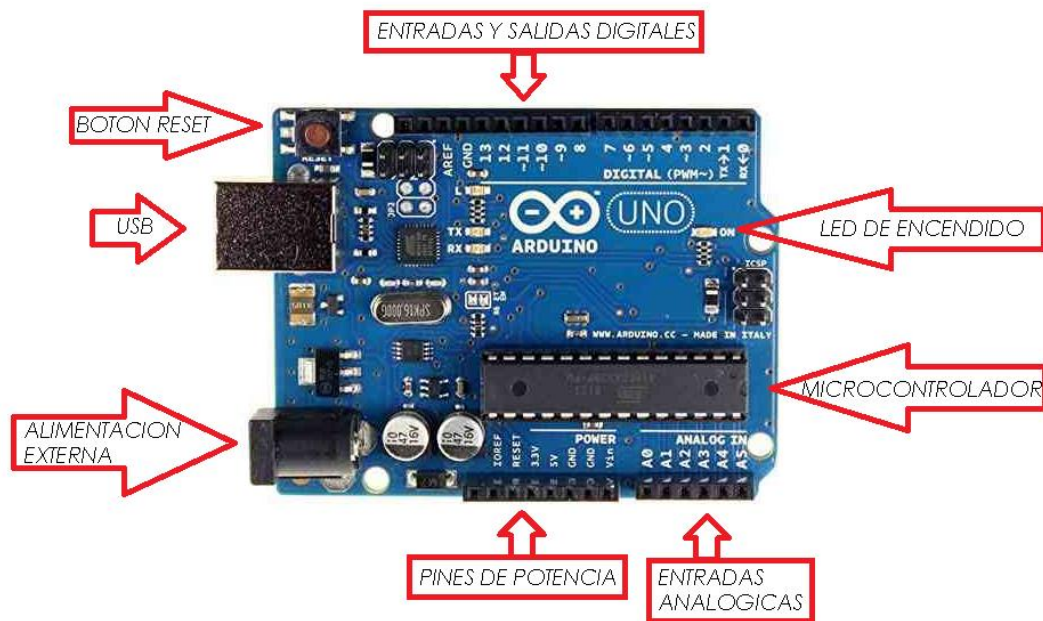
A continuación, se analizan los distintos elementos a utilizar en el proyecto, dado que este trabajo de título se enfoca en un estudio técnico y económico se realizan análisis bajo esos criterios, tomando siempre la elección más conveniente y justificada.

2.2.1 Microcontrolador

Este es el cerebro del proyecto, aquel encargado de analizar las muestras sensadas de energía y estado de variables de conexión, realizar los cálculos y comparaciones correspondientes, actuar en caso de alguna de las anomalías que se pretende resolver y comunicar los datos a internet.

a) Arduino UNO

Es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, conexión USB, conector jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reinicio. Tiene toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere.



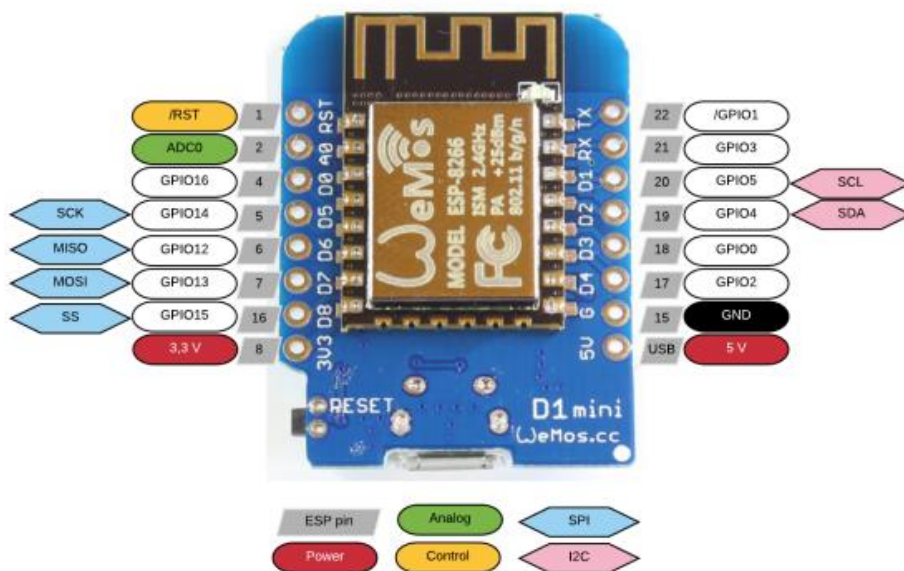
Fuente: https://arduino.cl/wp-content/uploads/2019/01/Pinout_of_ARDUINO_Board_and_ATMega328PU.svg.png

Figura 2-1 Arduino UNO

Dado que no posee una conexión a internet, se le debe agregar un módulo adicional, eso representaría mayor carga y complejidad al circuito final.

b) ESP8266 WeMos D1 Mini

El **Wifi Serial ESP8266** ofrece una solución completa y muy económica para conexión de sistemas a Wi-Fi, permitiendo al diseñador delegar todas las funciones relacionadas con Wi-Fi y TCP/IP del procesador que ejecuta la aplicación principal. El módulo wifi serial **ESP8266** es capaz de funcionar como “adaptador de red” en sistemas basados en microcontroladores que se comunican con él a través de una interfaz **UART**. Con capacidades de 2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b / g / n, soporte WPA / WPA2), 16 GPIO de propósito general (entrada / salida), I²C, convertidor analógico-digital (ADC de 10 bits), SPI, I²S, UART y modulación de ancho de pulso (PWM). En pocas palabras podemos decir que el módulo ESP8266 es también un microcontrolador con WIFI incorporado, lo cual se adecua de mejor manera a lo que se requiere para este proyecto.



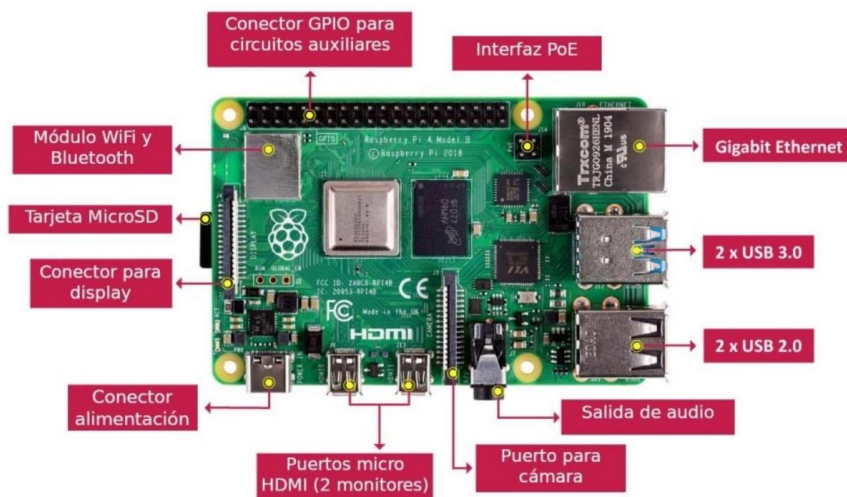
Fuente: http://iot.tesla.studio/hardware/esp8266-wemos-d1-mini-pinout_small.png

Figura 2-2 WiFi ESP8266 WeMos D1 Mini

La figura 2-2 muestra una fotografía del módulo WeMos D1 mini junto con los pines de conexión, esto se debe tener en cuenta ya que dependiendo de la programación realizada se debe cambiar la función que será asignada en cada pin.

c) Raspberry Pi

La Raspberry Pi es un computador de bajo coste y tamaño reducido, tanto es así que cabe en la palma de la mano, pero se puede conectar una pantalla y un teclado para interactuar con ella exactamente igual que cualquier otra computadora. La Raspberry Pi 3 modelo B+ que se selecciona como opción incorpora una CPU Cortex-A53 de cuatro núcleos, 64bit y 1.4Ghz, incluye adicionalmente conexión Wi-Fi de 802.11 2,4GHz y 5GHz y Bluetooth 4.1, con lo cual ya no depende de una conexión tipo Ethernet para acceder a Internet o, por medio de la conexión Bluetooth conectar un teclado o mouse inalámbrico para controlar, así como también tener comunicación de manera inalámbrica con sensores y otros dispositivos. El punto en contra de este dispositivo es que no posee una entrada análoga incorporada, depende de otro modulo para poder operar.



Fuente: <https://www.geekfactory.mx/wp-content/uploads/2020/05/raspberry-pi-componentes-y-detalles-1080x675.jpg>

Figura 2-3 Raspberry Pi

La figura 2-3 muestra un ejemplo de una Raspberry Pi con sus terminales y puertos especificados, nótese que este no incluye un puerto análogo para lectura.

Se ha elegido el microcontrolador ESP8266 WeMos D1 Mini en primer lugar por la conectividad inalámbrica que le permite conectarse a una red wifi, ya que se espera es poder monitorear desde cualquier parte (mediante smartphone, tablets o computadores) la red eléctrica y conexión a internet del lugar físico que lo requiera. En segundo lugar, por la entrada análoga que posee que permite analizar la señal entrante del sensor de corriente que más adelante se estudiará, posee un rango de lectura de 0-3.2[V] y una resolución de 10 bit.

De todas formas, se realizarán pruebas a el sensor que incluye el ESP8266 debido a que, según investigaciones y consultas realizadas, no es muy eficaz la lectura del puerto análogo y tiende a arrojar valores erróneos, pero a pesar de esto sigue siendo la mejor alternativa respecto a los otros 2.

2.2.2 Sensor de Corriente

Ya se tiene en cuenta el uso del microcontrolador por lo que en esta sección se verán los posibles sensores a utilizar, el criterio principal para la elección es que el sensor sea lo menos invasivo a la red eléctrica.

a) Sensor de corriente SCT-013-030

Este sensor de corriente, también conocido como transformador de corriente de núcleo partido (split core) es similar al SCT-013-000, pero tiene salida de voltaje (0 a 1V AC) y su rango de medición es de 0 a 30A. El sensor ya incluye una resistencia interna (burden) para que la salida sea de voltaje. La conexión de este sensor es no invasiva debido al núcleo partido que viene diseñado, lo que lo hace bastante compatible con el ESP8266. La figura 2-4 muestra la forma del sensor.



Fuente: https://altronics.cl/image/cache/catalog/productos/electronica/sensores/sct_013_030/sensor_sct_013_030_2-500x500.jpg

Figura 2-4 Sensor de corriente SCT-013-030

b) Sensor de corriente 30A – ACS712

Como se muestra en la figura 2-5 este es un módulo sensor de corriente con tecnología de efecto hall, posee una capacidad de 30 Amperios (el valor puede variar dependiendo del modelo) en corriente alterna y corriente directa. Este módulo basado en el circuito integrado ACS712 de Allegro MicroSystems permite medir la cantidad de corriente que fluye a través de un circuito de corriente alterna (AC) o corriente directa (DC). El método de sensado es a través de un sensor de efecto hall que provee un voltaje de salida proporcional a la corriente que fluye en el circuito, usado mayormente para circuitos de protección, pero es invasivo por lo que no es una alternativa que se pueda seleccionar.



Fuente: <https://i1.wp.com/afel.cl/wp-content/uploads/2020/08/modulo-sensor-corriente-ac712-30-a.jpg?w=700&ssl=1>

Figura 2-5 Sensor 30A – ACS712

c) Sensor de corriente SCT-013-000

Sensor de corriente no invasivo para medición de corriente alterna, su funcionamiento es exactamente el mismo al descrito en el punto a), solo que este posee una salida de corriente de 0-50[mA] lo que, para efectos de análisis, se tendría que realizar un circuito acondicionador de señal o agregar un módulo conversor A/V lo cual aumenta el tamaño del circuito a utilizar

y costo total. La figura 2-6 muestra la forma del sensor que se asemeja bastante al de la figura 2-4, solo que esta entrega una salida en valores de mA (miliampere).

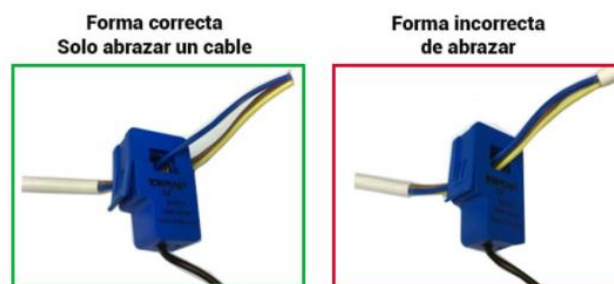


Fuente: https://altronics.cl/image/cache/catalog/productos/electronica/accesorios/sensor_corriente_sct013/sct-013-000_00-500x500.jpg

Figura 2-6 Sensor de corriente SCT-013-000

Se ha elegido la opción a) SCT-013-030 al ser el más adecuado y con menor circuitería de diseño, su núcleo partido permite una conexión similar a los instrumentos de medición eléctrica en la cual aprovechan el efecto de inducción magnética, cuando una corriente circula por el devanado primario, en el devanado secundario se produce una intensidad de corriente proporcional a la que pasa por el devanado primario. Su salida de 0-1[V] es más práctica de trabajar en el microcontrolador, solo se deberá realizar unos cálculos internos en la programación del microcontrolador para obtener una mayor precisión en la lectura.

La forma de conexión de este sensor es colocando el cable de corriente a medir dentro del sensor como muestra la figura 2-7:



Fuente 1 <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2018/02/1abrazar.jpg>

Figura 2-7 Conexión de sensor para medir corriente

2.2.3 Web para monitorear

En esta sección se elige la web donde se monitorean los datos de energía y conexión a internet para este proyecto, en este punto la similitud que poseen las webs son bastantes similares una de la otra con pequeñas diferencias, todas ellas trabajan con IoT (internet of things) que se define como la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o Internet, la red de redes), dónde todos ellos pueden ser visibles e interaccionar. En las webs revisadas todas operan bajo protocolo MQTT para comunicar los datos y trabajarlos, algunas ofrecen además de la visualización de datos, el control de motores, lectura de sensores, conectar el proyecto a otros servicios de la web. Compatibles con Arduino - IDE, Python, Raspberry entre otros lenguajes de programación que existen actualmente.

a) THINGSPEAK

ThingSpeak es un software de código abierto escrito en Ruby que permite a los usuarios comunicarse con dispositivos habilitados para Internet. Facilita el acceso a los datos, la recuperación y el registro de datos al proporcionar una API (interfaz de programación de aplicaciones) tanto a los dispositivos como a los sitios web de las redes sociales. Ha integrado el soporte del software de computación numérica MATLAB, lo que permite analizar y visualizar los datos cargados utilizando MATLAB sin necesidad de comprar una licencia.

La figura 2-8 muestra un ejemplo de cómo funciona la web, se debe mencionar que el protocolo de comunicación lo realiza mediante MQTT (MQ Telemetry Transport) el cual se ejecuta sobre el protocolo TCP/IP.

Web: <https://thingspeak.com/>



Fuente: https://1.bp.blogspot.com/-ZgE-oLDJdlo/XFwd9G6N5SI/AAAAAAAAACMI/cCymkbvELboK4j44FdLtzF43CHxc6y_rQCPcBGAYYCw/s1600/Screenshot_1.png

Figura 2-8 Ejemplo de Interfaz de ThingSpeak

b) Adafruit

Al igual que thingspeak, adafruit es un servicio en la nube que ofrece el muestreo en línea de los datos subidos a esta misma, en tiempo real, software gratuito, permite comunicación entre dispositivos, sus características no son muy diferentes a las de la opción anterior, su mayor diferencia recae en la interface la cual se muestra en la figura 2-9, donde se muestra un ejemplo de monitoreo de una variable x (La imagen es solo referencial).

Web: <https://io.adafruit.com/>

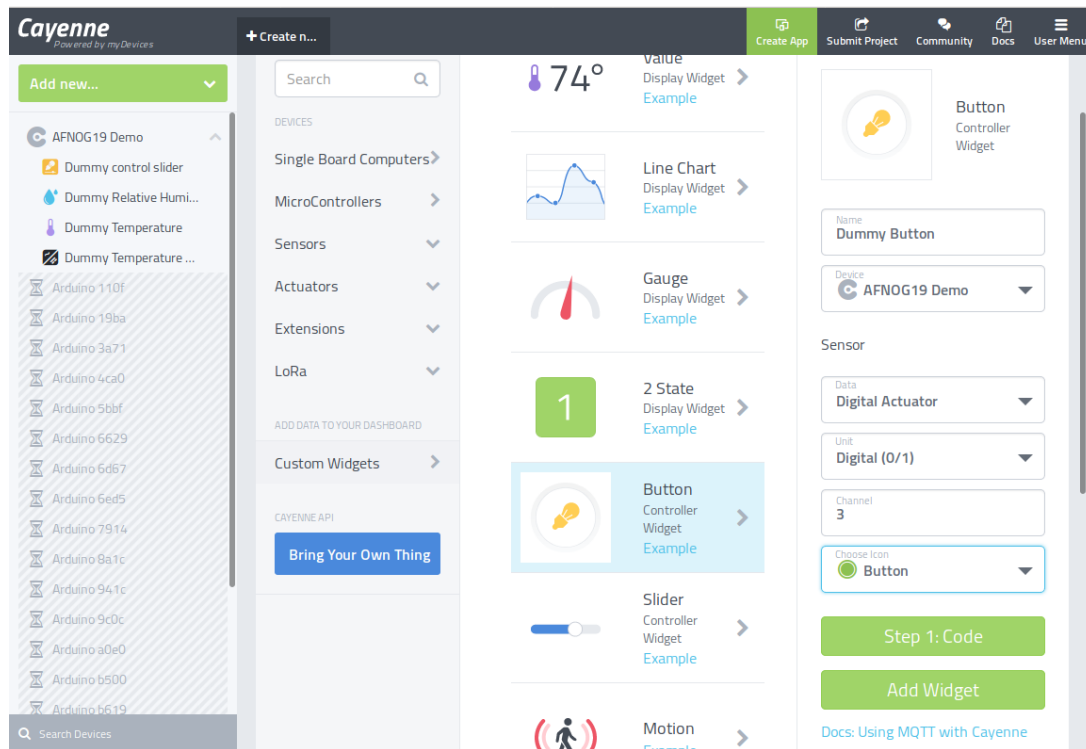


Fuente: <https://youtu.be/SiDYTLzV0yU>, captura de pantalla.

Figura 2-9 Ejemplo de interfaz de Adrafruit

c) Cayenne IoT Cloud

Cayenne es una plataforma de IoT para desarrollar una interfaz para la solución de esta. Crea una interfaz de usuario de arrastrar y soltar, por lo que con la interfaz de usuario de arrastrar y soltar y el hardware CE plug and play puede crear una solución de IoT en pocos minutos. Es compatible con dispositivos maestros como Raspberry Pi, Arduino, LoRa y entre otros. Se mantienen las características mencionadas en los puntos anteriores, es otro servicio en la web que se puede optar para trabajar los datos y hacer una integración con IoT. Su interface es distinta y cada servicio en la web de este estilo tiene su propia forma de distribución y personalización de los elementos visuales. La figura 2-10 muestra la interfaz.



Fuente: <https://afnog.iotworkshop.africa/pub/AFNOG/MQTTAndCayenne/cayenneDummyButton.png>

Figura 2-10 Ejemplo de interfaz de Cayenne

Se elige el uso de thingspeak al ser sencillo de implementar (que ayuda a disminuir el tiempo de implementación), al ser Open Source se puede modificar su código fuente lo que permite infinitas posibilidades de análisis, gestión de datos para proyectos IoT. Incluye además plugins para extender la funcionalidad de la misma plataforma ofreciendo la oportunidad de crear app de forma nativa, soporta lenguajes de programación como HTTP, JavaScript, CSS y por último ofrece la posibilidad de agregar Google Gause Visualization, con la cual es posible visualizar datos de una manera rápida y cómoda.

2.2.4 UPS

La fuente de alimentación del proyecto es destinada a una UPS, la cual cumple su función de que, al momento de ocurrir una variación en la energía esta mantenga al sistema funcionando el tiempo suficiente para terminar tareas pendientes y para arrojar las alertas correspondientes. Para el caso de refrigeradores o coolers (minimarkets) se deberá esperar a que el sistema haga la medición de potencia para evaluar una UPS que soporte este tipo de demanda energética.

La UPS debe ser elegida por capacidad y/o por precio según se estime, ya que para el proyecto propuesto solo se está realizando un estudio de factibilidad por lo que la UPS es elegida netamente para realizar las pruebas pertinentes a un prototipo y ver su funcionamiento y rendimiento en cuando a la carga que deberá soportar.

Un punto que se debe tener en cuenta es la potencia en Watts (W) y la potencia en volt-ampere (VA). La potencia en watt[W] es la potencia real consumida por el circuito, mientras que la potencia volt-ampere [VA] es la potencia aparente, se obtiene matemáticamente multiplicando la tensión eficaz (RMS) por la intensidad eficaz, esta última es usada para dimensionar correctamente el cableado de la red eléctrica y evitar cortos circuitos. La tabla 3-1 muestran las UPS's a compararse, se destaca que la diferencia física de una respecto a la otra no es mayor, solo cambian la distribución de los conectores de corriente eléctrica.

Tabla 2-1 Comparativa de ups

UPS	Potencia[W]	Potencia [VA]	Valor(CLP)
Forza NT-502C	250	500	\$ 38.890
BV500I-MS	300	500	\$ 44.963
SPKT600VA360W	360	600	\$ 47.990

Fuente: Elaboración propia

Debido a la similitud de los valores que entrega cada UPS se ha elegido la UPS Forza NT-502C ya que para este trabajo solo se desarrollará un prototipo, otro punto a considerar es que para el caso de los minimarkets se debe tener un periodo de evaluación de consumo para determinar una UPS apta para instalarse. Este cambio puede representar un cambio en el valor final del producto.

2.2.5 Router 4G

Se busca en este ítem lograr encontrar un dispositivo que sea capaz de conectarse a internet mediante un acceso WAN entregado por el modem de algún proveedor y, que, además, logre conectarse a la red mediante una conexión vía SimCard y que funcione como una Banda ancha móvil (BAM). Este dispositivo será el respaldo de la conexión a internet, al presentarse un problema con la red principal el mismo router es capaz de desviar el tráfico de red por la conexión 4G incorporada.

a) Router Industrial 4G DualSIM y GPS Glonass



Fuente: <https://altronics.cl/router-altronics-301>

Figura 2-11 Router Industrial 4G DualSIM y GPS Glonass

Para la conexión a Internet vía red móvil, el equipo soporta lo que se conoce como red 4.5G LTE (4G PLUS), que significa soporte para las bandas de 700 Mhz y 2600 Mhz. Para las redes 2G y 3G soporta todas las bandas que se utilizan actualmente en Chile.

Este Router es muy robusto, apropiado para aplicaciones de telemetría industrial y viene preparado para montaje directo a Riel DIN de 35mm. La figura 2-14 muestra la parte trasera del dispositivo donde muestra los puertos de conexión disponibles.

Precio: \$219.800 (CLP)

b) Router D-Link 4G N300 LTE



Fuente: <https://www.spdigital.cl/products/view/77544>

Figura 2-12 Router D-Link 4G N300 LTE

Permite acceder a redes de banda ancha móvil desde cualquier lugar. Una vez conectado, puede consultar el correo electrónico, navegar por la web y transmitir contenido multimedia. Se debe usar la tarjeta SIM / UICC del proveedor para compartir la conexión a Internet 3G / 4G a través de una red inalámbrica segura o usando cualquiera de los cuatro puertos Ethernet 10/100. Cuenta además con el slot estándar de SIMCARD por debajo del equipo, lo que facilita la no necesidad de usar un adaptador USB. En la figura 2-15 se aprecian las 4 antenas que ayudan a mejorar la cobertura wifi.

Precio: \$76.190 (CLP)

c) Router TP-LINK 3G / 4G N300 TL-MR 3420



Fuente: <https://www.pcfactory.cl/producto/10791-tplink-router-3g--4g-n300-tl-mr-3420>

Figura 2-13 Router TP-LINK 3G / 4G N300 TL-MR 3420

Router inalámbrico que permite a los usuarios compartir una conexión de banda ancha móvil 3G / 4G con familiares, amigos, en el camping, en el hotel, su uso es enfocado al uso doméstico, casi en cualquier lugar con cobertura 3G / 4G. Al conectar un módem UMTS / HSPA / EVDO (BAM) USB al router, un punto de acceso Wi-Fi es inmediatamente establecida, lo cual es un limitante para el proyecto ya que se requiere agregar elementos al circuito. De todas formas, se agrega como alternativa al ser de bajo costo, esto ayuda a reducir gastos para la evaluación económica más adelante. La figura 2-16 muestra el diseño del router.

Precio: \$29.990 (CLP)

De los 3 ítems elegidos se opta por utilizar la alternativa b), esta presenta justamente lo que se busca en el proyecto que es la opción de usarlo como repetidor/extensor de la red provista por la compañía, además de contar con una conexión 3G/4G mediante una SIMCARD. Si bien la alternativa a) hubiese sido una opción excelente, su precio no está al alcance de todos, además de que esto se utilizara para desarrollar un prototipo. La opción 3 había sido una buena elección, pero debido a que requiere de un adaptador de SIMCARD a USB se debía buscar otro elemento para el proyecto extendiendo el tiempo de desarrollo. Además, la falta de antena a futuro representa una cobertura inalámbrica inferior a la opción b).

2.3 DISEÑO DE PROTOTIPO

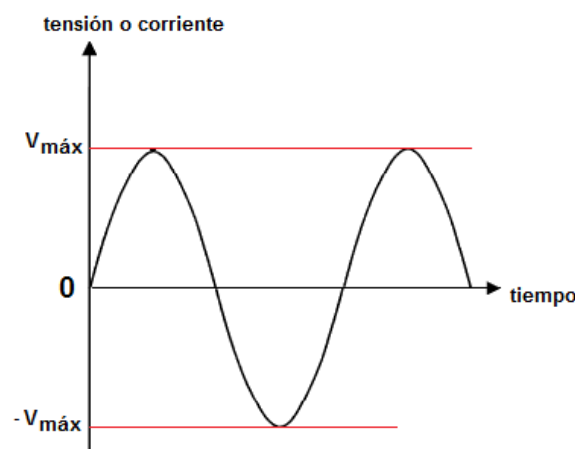
Desde este punto en adelante se realiza el desarrollo de diseño, programación e implementación del proyecto, se realiza la programación y en un anexo se dejará adjunto el programa final hecho en Arduino.

Con los elementos seleccionados anteriormente se comienza desarrollando un diagrama en bloque del proyecto, esto dará una idea general y en adelante se detallará cada punto.

2.3.2 Conceptos básicos de electricidad

En esta sección se pretende aclarar conceptos importantes sobre la medición de energía eléctrica de tal manera de facilitar el entendimiento de lo que viene más adelante.

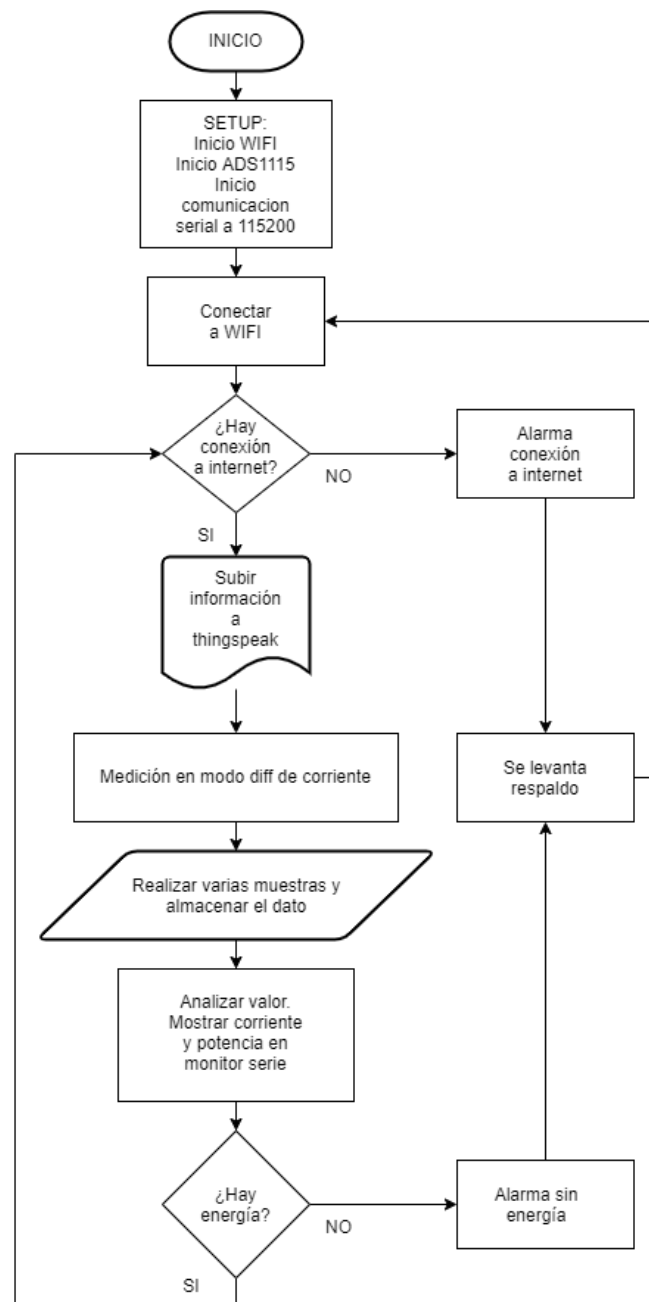
La medición que realiza el sensor SCT-013-030 es sobre energía alterna la cual lleva su nombre por la oscilación que hace entre valores positivos y negativos, posee una onda sinusoidal como muestra la Figura 2-14 y en Chile (según las normas del Ministerio de Energía) es entregada en gran mayoría a los hogares y empresas con un valor de 220[V] eficaz de tensión y 50[Hz] de frecuencia.



Fuente: <https://www.profetolocka.com.ar/wp-content/uploads/2012/10/valor-mc3a1ximo1.png>

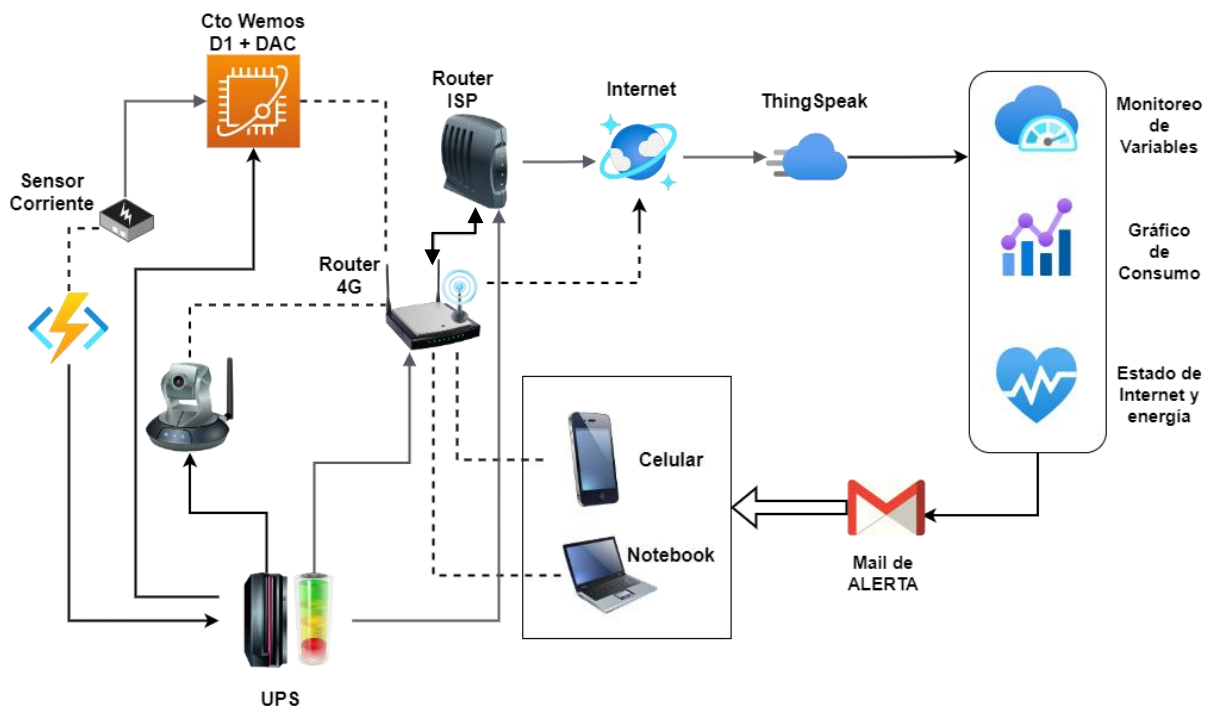
Figura 2-14 Forma de onda de corriente alterna

Al tener esto en consideración, el sensor de corriente (debido a su estructura interna) leerá la señal alterna y entregará un valor máx. de 1 [Vpp] cuando por el cable eléctrico medido pase una corriente de 30[A]. Esta señal es leída por el conversor análogo-digital ADS1115 y el microcontrolador se encarga de transformar el valor en algo legible mediante monitor serie y a través del servidor de thingspeak. En base a este proceso se realiza el diagrama en bloque mostrado en la figura 2-18, que sirve de base para desarrollar el programa para el microcontrolador.



Fuente: Elaboración propia realizada en draw.io

Figura 2-15 Diagrama de flujo de programa arduino



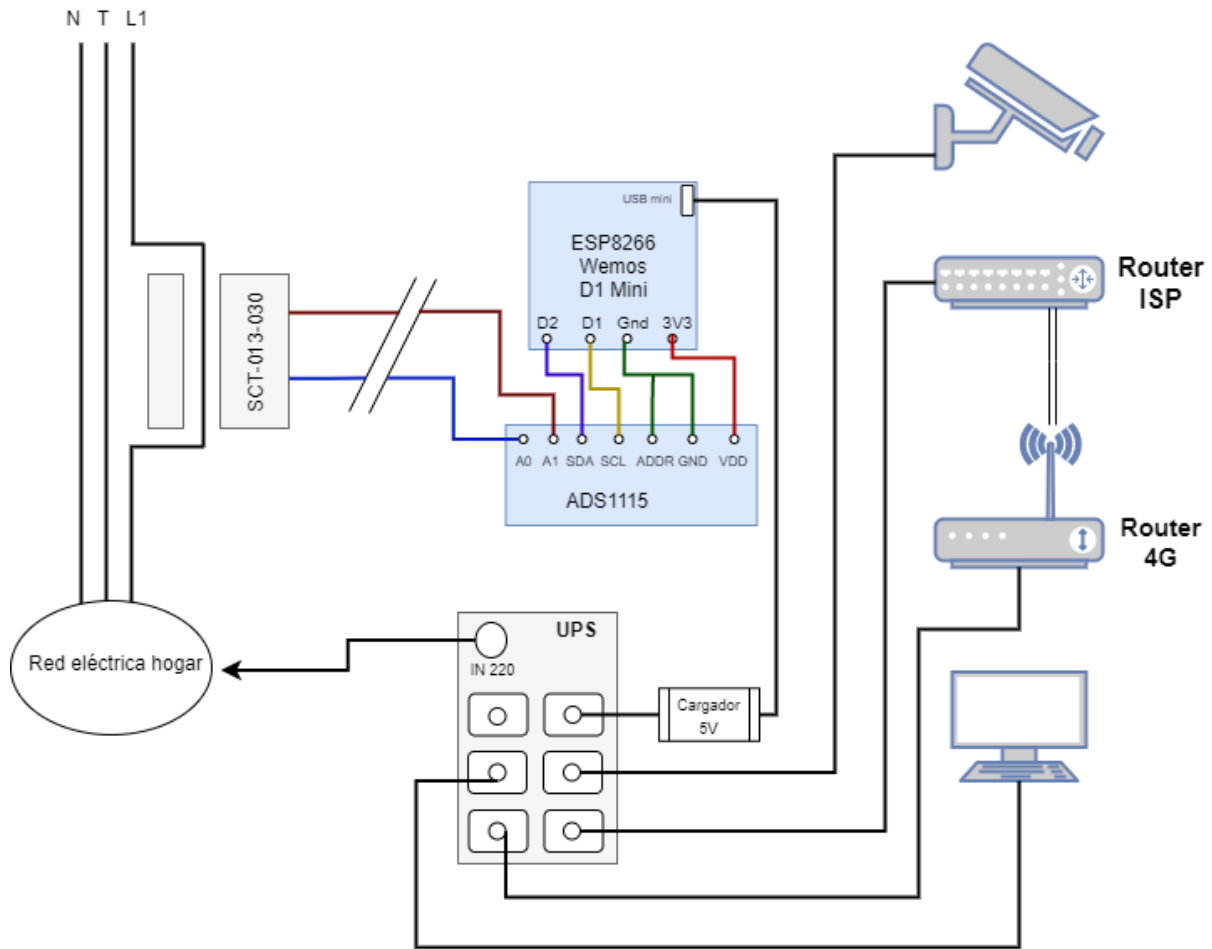
Fuente: Elaboración propia en Draw.io

Figura 2-16 Diagrama de conexión de proyecto a implementar

Como se aprecia en la Figura 2-19 muestra una representación de cómo debería quedar implementado el sistema en la red eléctrica, para efectos prácticos el montaje se realizará en el hogar del creador de este documento y se agregará una cámara de seguridad netamente para poner a prueba el proyecto.

2.3.1 Circuito electrónico

Para este apartado se muestra el diseño electrónico del circuito, donde se indican las conexiones y componentes adicionales que se usarán. Se realizaron pruebas previas con el puerto análogo del MCU wemos y lamentablemente no se obtuvieron datos satisfactoriamente, el sensor es muy inestable y a bajas tensiones no realiza una lectura precisa, es por eso mismo que se opta por agregar un módulo conversor DAC (ADS1115) para mejorar la precisión y exactitud de la medición que realiza el sensor de corriente, este sensor posee una resolución de 16 bit lo cual permite tener una resolución mucho mayor al puerto a0 del wemos (10 bit).

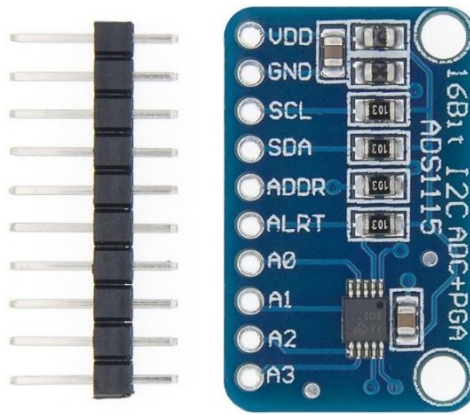


Fuente: Elaboración propia en Draw.io

Figura 2-17 Conexión sensor a convertidor ADS1115 y Wemos D1mini

La figura 2-20 muestra la conexión del MCU con el sensor y los demás elementos, utilizando un convertor analógico-digital ADS1115 para mejorar la lectura.

El ADS1115 es un convertor analógico digital (DAC en inglés) externo que se conecta a un microcontrolador para medir señales analógicas, proporciona 4 ADC de 16 bits, 15 bits para la medición y un último para el signo. El ADS1115 se conecta por I2C, por lo que es sencillo realizar su lectura. Dispone de 4 pines de direcciones, por medio de los cuales se eligen mediante la conexión del pin ADDR. El interés de emplear un ADC como el ADS1115 es obtener una mayor precisión en la obtención de señales analógicas ya que es capaz de realizar mediciones de señales alternas y valores negativos, así como de liberar de esta carga al ESP8266. Además, en la configuración diferencial, es posible medir tensiones analógicas negativas lo cual se ajusta a la señal de voltaje entregada por el sensor (1Vpp).



Fuente: <https://ae01.alicdn.com/kf/He838e63450e5472db5f42b79b8b2790bZ.jpg>

Figura 2-18 D.A.C ADS1115

La lectura que entrega el sensor de corriente es un voltaje alterno de máximo 1[Vpp] sinusoidal, lo cual el microcontrolador no puede soportar los valores negativos. Lo que hace en simples palabras es que bajo una conexión especial del sensor (Figura 2-21) en los terminales A0 y A1 del módulo, mide la diferencia que existe entre esos pines y envía el valor al MCU para posteriormente (mediante fórmulas matemáticas y programación) entregar el valor real de la corriente eficaz y la potencia real medida.

2.3.3 Servidor ThingSpeak

En el siguiente ítem se explica el uso del servidor Thingspeak y configuraciones previas.

Para este proyecto se crea una cuenta de usuario para implementar el prototipo (figura 2-22), una vez creado el perfil se dispone a crear el canal donde se subirán los datos (figura 2-23).

My Profile

Email **felipe.avilab@usm.cl**
[Edit MathWorks Account Settings](#)

Fuente: <https://thingspeak.com/account/profile>

Figura 2-19 Perfil creado en thingspeak

Current Meditation

Channel ID: **1581925**

Author: **mwa0000024827450**

Access: Private

Proyecto para trabajo de titulo USM, monitoreo de estado de energia y conectividad.

Fuente: https://thingspeak.com/channels/1581925/private_show

Figura 2-20 Canal creado para presentar prototipo

En las configuraciones del canal se habilitan 2 casillas para recibir los datos del microcontrolador como muestra la figura 2-24.

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data

Channel Settings

Percentage complete 50%

Channel ID 1581925

Name

Description

Field 1 ☒

Field 2 ☒

Fuente: <https://thingspeak.com/channels/1581925/edit>

Figura 2-21 configuración de canal

Además, se obtiene el totem APIKEY para poder escribir los datos en el servidor, eso se obtiene en la pestaña de API Keys como se ve en la Figura 2-24.

Con el canal configurado ya es posible agregar paneles de visualizaciones, cada uno de estos se pueden editar (color, texto, márgenes, rango, etc) para que sea más fácil de entender los valores, la figura 2-25 muestra como queda en primera instancia las configuraciones realizadas, se modifican algunos aspectos visuales de las ventanas, pero no se mencionan ya que no son relevantes para el desarrollo del programa y servidor.



Fuente: https://thingspeak.com/channels/1581925/private_show

Figura 2-22 Canal configurado y preparado para recibir información

2.3.4 Código Arduino

En este ítem se explica en grandes rasgos la programación realizada en el módulo ESP8266 con ayuda del conversor análogo digital ADS1115.

```
Proyecto_titulo
#include "ThingSpeak.h"
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1X15.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

#define myChannelNumber 1581925 //número del canal
#define myWriteAPIKey "8MAYE23IKBEURMKE" //API key write
#define cantmuestras 150 //muestras a tomar app 2seg
#define Imaxsens 30 // corriente maxima del sensor
#define mvmaxsen 1000 // mV maximo que ofrece el sensor de corriente
#define Volthogar 220 // tension de la red electrica
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-23 Código en Arduino idu_01

Lo primero es definir las librerías a usar en el programa como muestra la figura 2-16, se definen además el número del canal de thingspeak y el totem de APIKey. Se definen los valores de muestras a realizarse y valores del sensor de corriente para su escalamiento.

```
Adafruit_ADS1115 ads;

float Peficaz;
float Int_calculada;

const char* ssid = "Phelipe_note";
const char* password = "m184E610";
int keyIndex = 0;
WiFiClient client;
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 -24 Código en Arduino idu_02

Se continua con definir caracteres del tipo flotante para más adelante almacenar los datos en ellas y mostrarlo en monitor serie y subirlo a thingspeak (la figura 2-27 muestra el extracto explicado en este texto), se deja definido constantes del tipo char para el nombre de la red wifi a la cual el dispositivo se conectará y su respectiva clave, para el proyecto se define

una red wifi local creada por el computador, netamente para demostrar el funcionamiento del proyecto.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(100);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  ThingSpeak.begin(client);
  ads.setGain(GAIN_TWO);          // 2x gain  +/- 2.048V  1 bit = 0.0625mV
  // ads.setGain(GAIN_FOUR);      // 4x gain  +/- 1.024V  1 bit = 0.03125mV
  if (!ads.begin()) {
    Serial.println("Failed to initialize ADS.");
    while (1);
  }
}
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-25 Código en Arduino idu_02

En void setup (figura 2-28) se deja en start el monitor serie, modo wifi, modulo ADS1115 el cual muestra su librería se asigna una ganancia 2 de tal manera que cada bit leído por el microcontrolador representara 0.0625[mV], esto es útil cuando se realice el ajuste de los valores para obtener el valor rms de corriente y potencia.

```
float medi_Irms() { //funcion de medicion
  int16_t bitsADS;
  float mVporbit = 0.0625F; // se anota en hexa para indicar que el programa lo reconozca como un flotante
  float Ieficaz;
  float Iinstante;
  float mVinstante;
  float sumIinstante=0;

  for(int i = 0; i < cantmuestras; i++){
    bitsADS = ads.readADC_Differential_0_1();
    mVinstante = bitsADS * mVporbit;
    Iinstante = (mVinstante * Imaxsens) / mVmaxsens; // regla de 3 para calcular la corriente del sensor de 1V
    sumIinstante += sq(Iinstante); //suma de cuadrados
  }
  Ieficaz = sqrt(sumIinstante / cantmuestras); //extraemos la raiz cuadrada dividido por el numero de muestras
  return(Ieficaz);
}
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-26 Código en Arduino idu_03

Se crea una función para la medición (figura 2-29), se realiza un ciclo “for” para obtener una resolución lo más precisa posible, la cantidad de muestras a realizar son de 100, se realiza el cálculo para convertir el valor recibido de bits a milivolts y luego (con una simple regla de 3) transformarlo a el valor de corriente instantánea:

$$I_{instante} = \frac{V_{instante} * I_{max}}{mV_{maxsens}}$$

Luego de realizar las 100 muestras se extrae la raíz cuadrada. Esto se realiza a que según la teoría de onda el valor eficaz se conoce también como valor RMS debido a su abreviatura “Root mean square”, ya que este mismo valor está matemáticamente relacionado con la curva sinusoidal, extrayendo la raíz cuadrada de la suma de sus infinitos valores instantáneos, o expresado de otra forma es un valor estadístico de magnitud variable, elevado al cuadrado.

Matemáticamente queda expresado como:

$$i = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

Como no es posible realizar mediciones infinitas se toman 100 muestras y de estas se realiza el cálculo en tiempo discreto donde la fórmula es:

$$i = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^N i_n^2}$$

Donde N es la cantidad de muestras en un periodo o múltiplo de este. Con esta fórmula se puede obtener el valor RMS, y conociendo el voltaje (220~226 AC) medido con multímetro es posible calcular la potencia real.

```

void loop() {

  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print("Attempting to connect to SSID: ");
    Serial.println(ssid);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
      WiFi.begin(ssid, password); // Connect to WPA/WPA2 network. Change this line if using open or
      Serial.print(".");
      delay(5000);
    }
    Serial.println("\nConnected.");
    delay(2000);
  }

  Int_calculada = medi_Irms() * 1.36; // para corregir el valor y obtener una medicion mas real
  Peficaz = Int_calculada * Volthogar; //ley de ohm

  Serial.print(Int_calculada, 5);
  Serial.println(" A");
  Serial.print(Peficaz);
  Serial.println(" W");

  // Carga los valores a enviar
  ThingSpeak.setField(1, Int_calculada);
  ThingSpeak.setField(2, Peficaz);

  // Escribe todos los campos a la vez.
  ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);

  Serial.println(";Datos enviados a ThingSpeak!");
  delay(20000);
}

```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-27 Código en Arduino idu_03

En el programa principal (void loop) que se muestra en la figura 2-30 se realiza la conexión a la red wifi dispuesta, se obtiene el valor de corriente calculada y se hace un ajuste multiplicando por un valor constante de 1.36 (esto se hizo tras mediciones y comparaciones con un amperímetro).

La potencia real (o potencia activa).se calcula multiplicando el valor de corriente Irms por el valor de tensión (220).

Una vez obtenidos estos valores se suben a thingspeak mediante protocolo MQTT y se agrega un delay de 20 seg, esto es por el hecho de que el portal de thingspeak solamente puede recibir valores en un mínimo lapso de 15 [seg].

2.3.5 Configuración de alarmas en ThingSpeak

En este apartado se muestra la configuración realizada en ThingSpeak para alarmas de caída de energía y/o problemas de internet, estas alertas serán enviadas vía correo electrónico a un correo "X" que informa una anomalía sobre energía o internet. Antes de configurar

thingspeak para las alertas se busca una web que sea capaz de generar los correos ya que thingspeak no cuenta con envío a correo ante algún evento, solamente lo realiza de manera periódica a modo de informe diario/semanal al usuario, por lo que se opta por utilizar un servicio web gratuito llamado IFTTT (if this then that por su sigla en inglés) que es un servicio que ofrece automatizar cualquier aplicativo o gestión de datos basado en IoT.

El registro es completamente gratuito y se puede crear hasta 5 iteraciones (de las cuales solo se utilizan 2).

A continuación, desde la figura 2-31 hasta la figura 2-36 , se muestra la configuración paso por paso de las alarmas de energía eléctrica “Energy_alert” y de internet “Internet_alert”.

1) Alarma de energía



Fuente: Elaboración propia mediante Drawio

Figura 2-28 Esquema general para configurar el mail mediante IFTTT

En la figura 2-31 muestra cómo se configura la acción “If This” seleccionando el evento Webhooks que lo que realiza simplemente es obtener los datos desde el servidor de thingspeak mediante una URL que proporciona, esta URL se debe configurar en la sección de APPS de Thingspeak, específicamente la de “ThingHTTP” como se muestra en la Figura 2-32. En la misma opción donde la web IFTT proporciona la URL nos entrega un código de sugerencia para configurar el body en la app ThingHTTP indicando el número del canal y del campo del cual se recibe los datos.

En el tipo de contenido se debe seleccionar application/JSON que es para definir el formato del texto en el cual se transmite el mensaje.

ThingSpeak™ Channels Apps Devices Support

Apps / ThingHTTP / Energy_alert

Edit ThingHTTP

Name:	Energy_alert
API Key:	TE3N49Y3E5S7NSJR
	Regenerate API Key
URL:	https://maker.ifttt.com/trigger/Energy_alert/with/key/db5T_Jz24_i5Gg_d0S1dgl
HTTP Auth Username:	
HTTP Auth Password:	
Method:	POST
Content Type:	application/json
HTTP Version:	1.1
Host:	
Headers:	
Body:	[{"value1":"%%channel_1581925_field_2%%"}]

Fuente: <https://thingspeak.com/apps/thinghttp/170014>

Figura 2-29 Configuración final de app thinghttp

Después se configura la app “React” de ThingSpeak como muestra la figura 2-33 para que cuando se cumpla una condición realice la acción de enviar el mail ejecutando la app de thingHTTP configurada previamente, esto se puede ver más claramente en la figura 2-33 donde se escoge la frecuencia de ejecución, que en ThingSpeak el mínimo es de 10 min.

Se configura el canal a sentenciar, se elige además la sentencia “Field 1 is less than 0.01” la cual es que, si el valor del campo 1 es menor a 0.01 se realice una acción, que será la de ejecutar el código de Thing HTTP.

Luego se configura la acción Then That en IFTTT , se realiza la búsqueda de “Email” y se indica a que correo debe ir dirigido el mensaje cuando se cumpla la condición anterior que es recibir un dato de thingspeak, se puede apreciar como quedaría la configuración en la figura 2-34.

The screenshot shows the configuration interface for a 'React' app in ThingSpeak. The breadcrumb trail is 'Apps / React / Energy_alert'. There is a green 'Edit React' button. The configuration details are as follows:

Name:	Energy_alert
Condition Type:	Numeric
Test Frequency:	Every 10 minutes
Last Ran:	
Channel:	Current Meditation
Condition:	Field 1 (Corriente(RMS)) is less than 0.01
ThingHTTP:	Energy_alert
Run:	Each time the condition is met
Created:	2022-01-05 1:50 pm

Fuente: <https://thingspeak.com/apps/reacts/92238>

Figura 2-30 Configuración final de app React

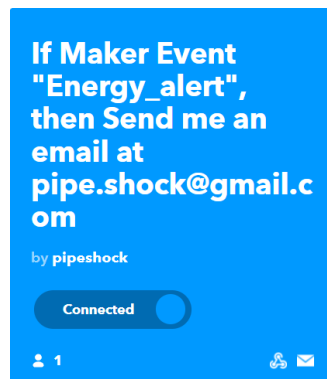


Figura 2-31 Envío de correo ante un evento en IFTTT

Fuente: <https://ifttt.com/home>

2) Alarma de internet.

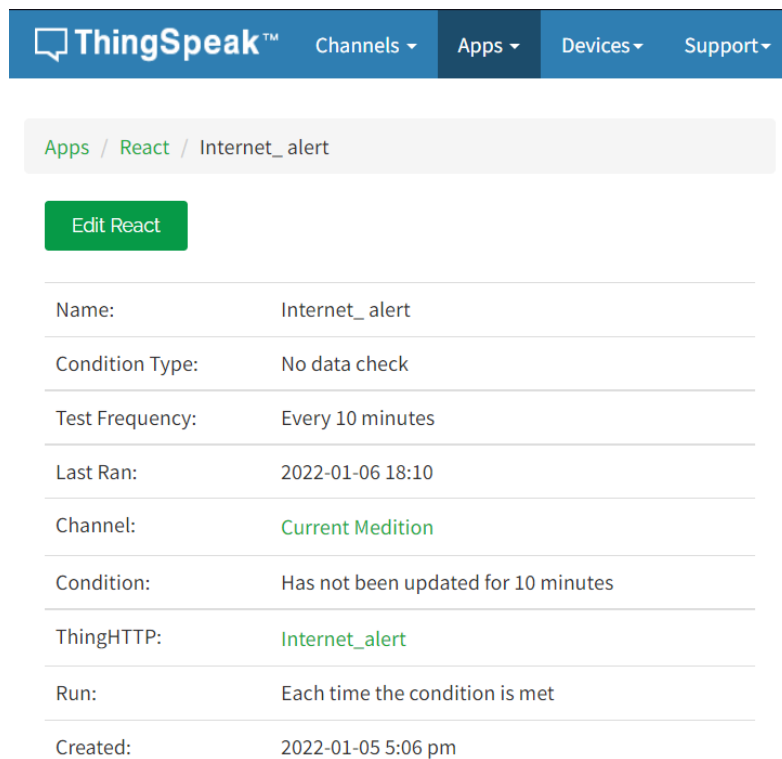
El proceso es exactamente el mismo que en la configuración de la alerta, solo que esta vez se cambian los valores del campo a medir y bajo que condición actúa la alerta, como se muestra en la figura 2-35 la configuración es bastante similar a la anterior.

ThingSpeak™ Channels Apps Devices Support	
Apps / ThingHTTP / Internet_alert	
Edit ThingHTTP	
Name:	Internet_alert
API Key:	9PU1RR1RNEW8QA5D
	Regenerate API Key
URL:	https://maker.ifttt.com/trigger/Internet_alert/with/key/db5T_Jz24_i5Gg_d0S1dgl
HTTP Auth Username:	
HTTP Auth Password:	
Method:	POST
Content Type:	application/json
HTTP Version:	1.1
Host:	
Headers:	
Body:	[{"value1": "%channel_1581925_field_1%"}]

Fuente: <https://thingspeak.com/apps/thinghttp/170023>

Figura 2-32 Configuración de ThingHTTP

En este apartado solo se modifica el campo de Name y Field que es de donde obtiene información.



The screenshot shows the ThingSpeak interface for configuring a React. The breadcrumb trail is 'Apps / React / Internet_alert'. There is a green 'Edit React' button. Below it is a table with the following configuration details:

Name:	Internet_alert
Condition Type:	No data check
Test Frequency:	Every 10 minutes
Last Ran:	2022-01-06 18:10
Channel:	Current Meditation
Condition:	Has not been updated for 10 minutes
ThingHTTP:	Internet_alert
Run:	Each time the condition is met
Created:	2022-01-05 5:06 pm

Figura 2-33 configuración de app React

Fuente :<https://thingspeak.com/apps/reacts/92244>

En la configuración de la app React de ThingSpeak (figura 2-36) se cambia la condición con la cual ejecuta el envío de correo, la cual solo se hará si solamente “no se detecta algún valor subido durante los últimos 10 min”, por lo que en caso de algún problema con la conexión a internet (sea principal o incluso si el respaldo de este no funcione como corresponde) envía una alerta al usuario que algo pasa con el internet que alimenta el sistema.

2.4 PUESTA EN MARCHA

Se realizó una prueba simple conectando un elemento calefactor a la corriente y se realizan las mediciones obteniendo los siguientes resultados.

Current Medition

Channel ID: 1581925

Author: mwa000024827450

Access: Public

Proyecto para trabajo de titulo USM, monitoreo de estado de energia y conectividad.

corriente, rms, potencia, alarma, respaldo, analisis, usm, proyecto

☒ Export recent data

MATLAB Analysis

MATLAB Visualization



Fuente: https://thingspeak.com/channels/1581925/private_show

Figura 2-34 Portal de thingspeak en funcionamiento

Lo expuesto hasta este punto son las configuraciones y calibraciones respectivas del sensor, en el capítulo 3 se muestran los resultados obtenidos del proyecto armado completamente. Se realiza una evaluación del desempeño del proyecto y finalmente el análisis para determinar si el proyecto es factible de implementarse o no.

La figura 2-37 muestra el resultado final de la configuración aplicada y de la medición que se está realizando (esto luego de realizar los ajustes y calibraciones al sensor de corriente)

CAPÍTULO 3: RESULTADOS OBTENIDOS, EVALUACIÓN DE COSTOS Y FACTIBILIDAD
TÉCNICA ECONÓMICA

3. RESULTADOS OBTENIDOS, EVALUACIÓN DE COSTOS Y FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA

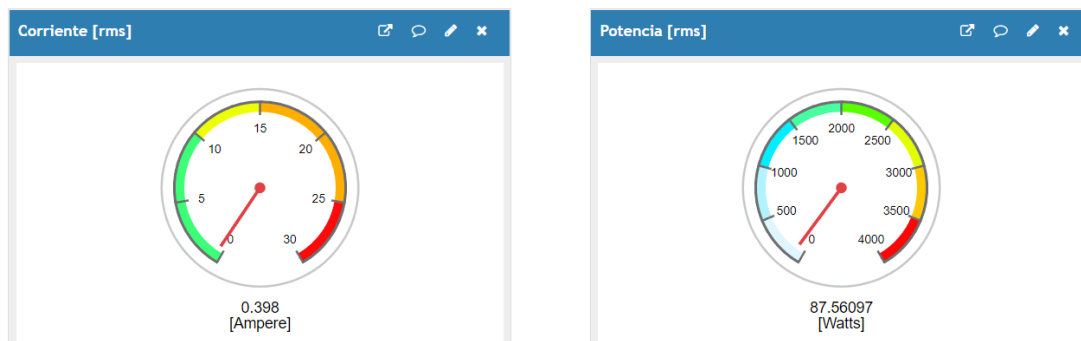
En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del capítulo anterior, muestra de gráficos y mediciones realizadas, además de esto se muestra el estudio económico y técnico realizado para determinar si el proyecto finalmente es factible de realizarse o no.

3.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA Y RESULTADOS OBTENIDOS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos del sistema ya en marcha al cabo de un tiempo funcionando, se muestran resultados gráficos y explicados ante algún eventual suceso, posteriormente se procede a realizar el estudio de mercado para conocer las alternativas que ofrece el mercado actualmente, se realiza también un flujo de caja y obtener los indicadores económicos (VAN, TIR, IVAN) que según sea el resultado garantizaría o no la liquidez del proyecto prototipo, por consiguiente, la viabilidad del mismo.

3.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL SISTEMA

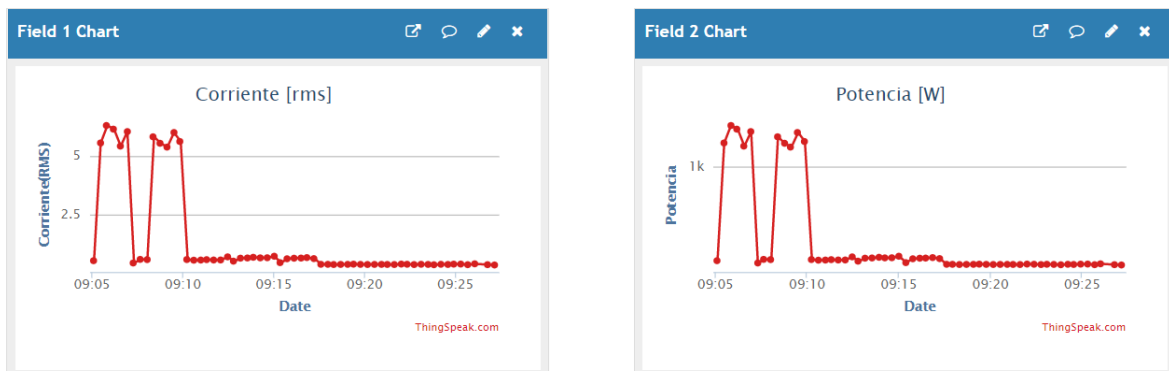
Se deja en funcionamiento el sistema para ver su rendimiento y medición de la corriente y estado de internet, esto se puede consultar a través de la página de thingspeak.com o a través de la aplicación para celular “ThingView” con el número de canal “1581925” o mediante el tag “usm” en el buscador, aparece el canal con el nombre Current Medition. La figura 3-1 muestra un extracto del panel de visualización.



Fuente: <https://thingspeak.com/channels/1581925>

Figura 3-1 Medición de corriente eficaz visualizada a través de un widget de Thingspeak

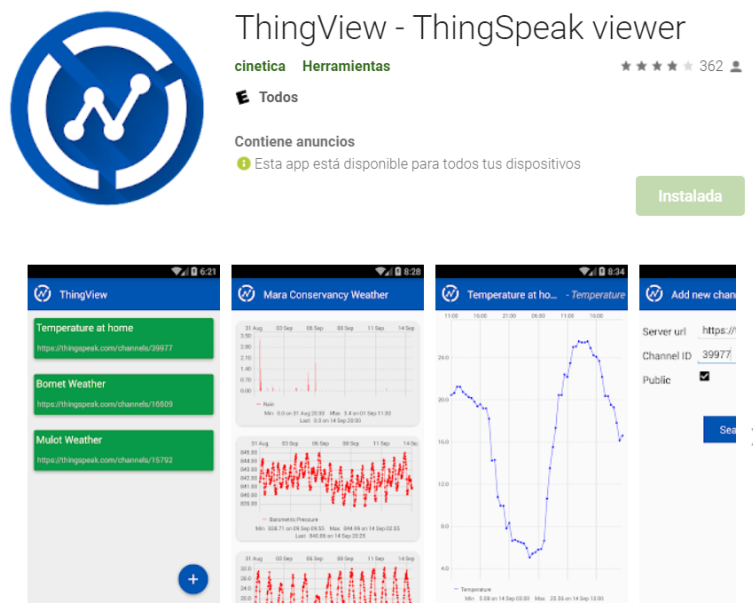
Thingspeak muestra una variedad de formas de mostrar las variables medidas por lo que se opta por mostrar una visualización más amigable, además de estas visualizaciones se muestran gráficos para saber el consumo diario / semanal / mensual dependiendo de la necesidad. En la figura 3-2 se aprecia de manera grafica el consumo por un determinado margen de horas.



Fuente: <https://thingspeak.com/channels/1581925>

Figura 3-2 Medición de corriente eficaz y potencia través de gráficos de Thingspeak

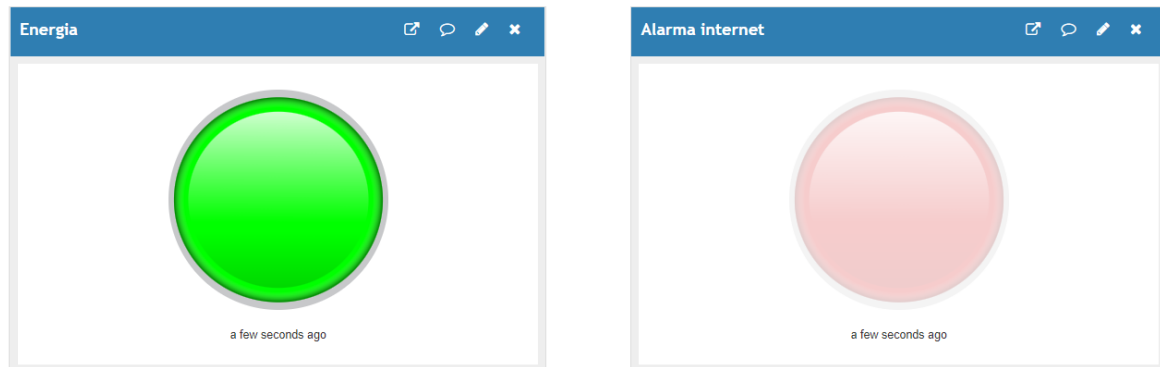
Otra forma como se mencionaba es a través de su aplicación de móvil Thingview la cual puede ser encontrada en playstore de Android, como se muestra la figura 3-3:



Fuente: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica_tech.thingview&hl=es_419&gl=US

Figura 3-3 Aplicación para celular thingview

Con estas formas de visualización es posible monitorear el estado de la red eléctrica y de internet, desde cualquier dispositivo en cualquier parte. Existe para esto mismo 2 elementos de thingspeak que visualmente informa el estado de la red eléctrica y de internet (figura 3-4).



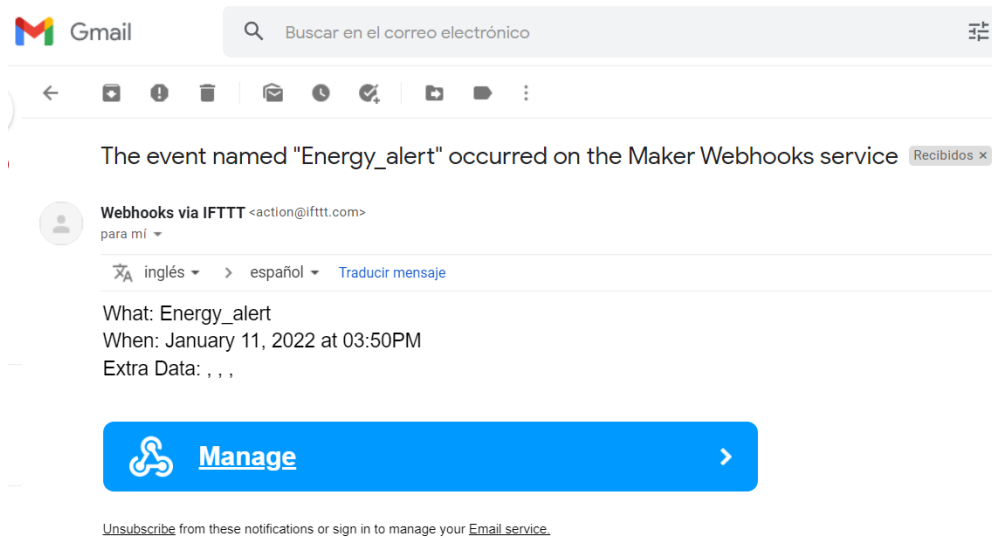
Fuente: <https://thingspeak.com/channels/1581925>

Figura 3-4 Alertas de energía e internet

La figura 3-4 muestra a través de 2 luces el estado de energía y de internet, cuando hay energía eléctrica medida esta se mantiene en verde, de lo contrario adopta un tono más desvanecido como la Alarma de internet, esta última al detectar una falta de conexión de internet de la red principal alerta que el equipo no se está comunicando con el servidor, lo que se traduce como una falta de internet.

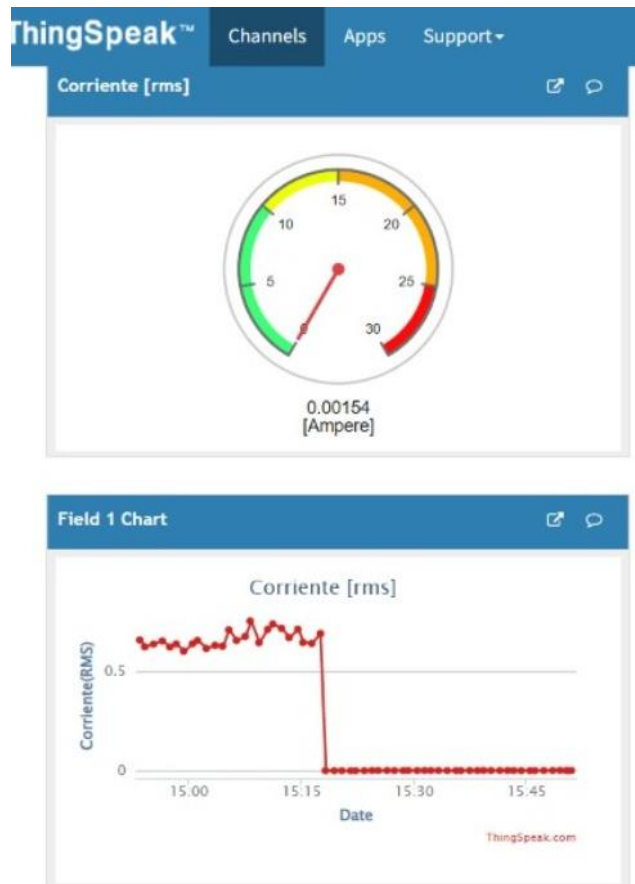
Se realizan distintas pruebas de observación y monitoreo y se fuerza un evento de caída de energía para probar el sistema de correo, en primer lugar, se corta la energía del sitio por unos 40 min de tal manera de poder recibir el mail de notificación. Las figuras 3-5 y 3-6 muestran la alerta de energía actuando.

Se monitoreo la caída de energía para ver el tiempo de respuesta del mail, según las configuraciones de las apps de ThingSpeak esto debe enviarse con un rango de 10 minutos, como se muestra en la figura 3-5 aparece el mensaje de alerta que netamente está informando un evento en la energía. Es en este punto donde el usuario puede revisar el estado completo de su red (internet y eléctrica) mediante la app de su celular/tablet o desde un computador.



Fuente: Mail personal <https://mail.google.com/mail/>

Figura 3-5 Mensaje de alerta por caída de energía



Fuente : <https://thingspeak.com/channels/1581925>

Figura 3-6 Monitoreo de energía al momento de su caída

3.3 FACTIBILIDAD TÉCNICA

En este apartado se realiza una evaluación técnica sobre el proyecto, se analiza si los materiales, recursos y conocimiento está al alcance suficiente para desarrollarlo. Verificar si es un producto sostenible desde la perspectiva medioambiental.

3.3.1 Disponibilidad de materiales.

Los materiales mostrados en la Tabla 3-1 son elementos fáciles de obtener y conseguir, estos mismos se pueden modificar como es el caso de la UPS, que dependiendo del consumo que obtenga de la medición se puede optar por una de mayor o menor capacidad de potencia. Se recalca el bajo coste de obtención de materiales, los elementos de mayor costo (exceptuando la ups) son el sensor de corriente no invasivo y el módulo conversor A/D.

3.3.2 Conocimiento Necesario.

El conocimiento que se debe aplicar no es de elevada complejidad, basta con utilizar las librerías que ofrece el software de Arduino IDE para realizar la programación, esta incluye comunicación con thingspeak, conexión a wifi y medición análoga a través de comunicación I2C con el módulo ADS1115. La programación se realiza en el mismo lenguaje de Arduino, es posible utilizar otros pero el requerimiento no es tan elevado.

Thingspeak trabaja con Matlab el cual también es un lenguaje el cual un Ingeniero en control automático e instrumentación industrial de la Universidad Santa María está preparado para manejarlo.

3.3.3 Proyección a largo plazo.

El proyecto como se define actualmente posee aun características que pueden mejorarse y adaptarse, por el tiempo que se realiza para la implementación del prototipo no fue suficiente para implementar futuras mejoras que se puedan realizar, la proyección a largo plazo hace referencia a la maleabilidad que tiene el proyecto de ir modificándose a medida que transcurre el tiempo.

3.3.4 Posibles escenarios hipotéticos.

El proyecto se encuentra en etapa beta por lo que es muy susceptible a que ocurran percances en cuanto a la credibilidad y calidad de este, como se menciona el punto anterior es importante definir un modelo oficial para asegurar un producto de calidad que cumpla con las normas establecidas.

3.4 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se realiza una evaluación económica para ver el costo de implementación y se realiza una comparación con otros servicios que ya se encuentren disponible. Se realizará primero el conteo de costos de elementos, insumos, horas hombre (HH), se muestran resultados de búsquedas de productos que se asemejen al producto propuesto de tal manera de tener una comparativa con lo que ofrece el mercado. Además, se busca un método que aporte en el análisis económico como por ejemplo un flujo de caja, que al ser este un estudio de prefactibilidad no se consideran préstamos, créditos u otras inversiones obtenidas por ente externo, solo se considera el dinero invertido por una persona natural. Es por eso que mediante el método de déficit acumulado máximo se obtiene un capital de trabajo y de este resultado se realiza un flujo de caja, brindando un escenario mas real de lo que puede ser la implementación y venta en el mercado del producto. Por ultimo se debe mencionar que este método es muy utilizado para factibilidad o prefactibilidad por lo que para este caso es completamente confiable.

3.4.1 Costo de elementos e insumos

En este punto se debe tener en cuenta todos los insumos y elementos utilizados para la realización del proyecto, como se muestra en la Tabla 3–1 aparecen todo el material utilizado y su valor comercial, esto es a la fecha de 15 de Diciembre del 2021, específicamente valores del 22 de Diciembre cuyo valor de 1UF es de \$ 30947,30 CLP.

Tabla 3-1 Tabla de costos en componentes

Elemento	Costo Unitario(\$CLP)	Cantidad	Costo Total(\$CLP)	UF
Mini WeMos D1 ESP8266	\$4.990	1	\$4.990	\$0.16
Módulo ADS1115 Conversor ADC I2C 16	\$5.489	1	\$5.489	\$0.18
Sensor de Corriente 30A SCT-013-030	\$7.249	1	\$7.249	\$0.23
UPS SPEKTRA 600 V/A 360W	\$47.990	1	\$47.990	\$1.55
PCB perforada y cofre protector	\$38.800	5	\$38.800	\$1.25
Alargador 6 tomas 3 m Blanco	\$6.490	1	\$6.490	\$0.21
Terminal PCB	\$100	2	\$200	\$0,0064
Cargador USB 5V 3A Blanco	\$3.490	1	\$3.490	\$0.11
Cable Micro USB 50cm	\$1.200	1	\$1.200	\$0.039
Router 4G	\$79.400	1	\$79.400	\$2.56
TOTAL			\$195.298	\$6,29

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en excell

3.4.2 Costo de Horas Hombre (HH).

Para poder realizar una dimensión del costo que se solicita para realizar el proyecto se han considerado al menos 5 actividades, las cuales se considera desde la elección de los componentes e ítems a utilizar hasta la implementación final del proyecto.

Además de definir las actividades, se debe realizar un cálculo de horas hombre (Cuyas siglas serán HP), para ello se hace una suposición de 25 días hábiles de 9 horas, un sueldo liquido de aproximadamente \$1.000.000 mensual para un Ingeniero de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial en su primer año de titulado (esto de acuerdo con el portal <https://www.mifuturo.cl/>), con esto se define que cada HH tiene un costo de \$4.444.

Las tareas por realizarse son:

- Buscar y seleccionar componentes del Hardware: En esta tarea se considera el tiempo invertido en buscar los componentes necesarios para implementar en el proyecto.
- Buscar y seleccionar componentes del software: En esta tarea se considera el tiempo invertido para el desarrollo de la programación a realizar.
- Pruebas de sensores y equipamiento: En esta tarea se considera el tiempo invertido en probar los dispositivos, elementos y sensores del proyecto antes de su programación e implementación.
- Programación del hardware: En esta tarea se considera el tiempo que se invertirá en la programación del código fuente del hardware.
- Implementación final: En esta tarea se considera el tiempo necesario para implementar la solución, la conexión todo el equipamiento y sensores del proyecto y puesta en marcha.

Tabla 3-2 Tabla de actividades y costos HP

Actividades	Total Horas Hombre (HH)	Costo Total(\$CLP)	UF
Buscar y seleccionar componentes del hardware	5	\$22.200	\$0,72
Buscar y seleccionar componentes del software	2	\$8.888	\$0,29
Pruebas de sensores y equipamiento	4	\$17.776	\$0,57
Programación del hardware	8	\$35.552	\$1,15
Implementación final	3	\$13.332	\$0,43
Total	22	\$97.768	\$3,16

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en excell

Para finalizar la evaluación se tiene como costo total de \$97.768 CLP (\$3.16UF) la implementación del proyecto, este valor es posible reajustarlo omitiendo las tareas 1 y 2 al ser estas implementadas solo para la creación del prototipo, por lo cual más adelante es posible ahorrarse estas HH y reducir los tiempos de implementación y costos.

Tabla 3-3 Tabla comparativa de proveedores ISP

ISP INVESTIGADA	PRODUCTO OFRECIDO	COSTO CLP	costo UF	TIPO DE RESPALDO	OTROS
ENTEL	Internet dedicado	\$247.440	8.01	INTERNET	Contrato a 24 meses, ip fijas
MOVISTAR	Fibra Movistar Empresas Simétrico	\$16.894	0.54	no	luego de 12 meses sube a \$25.990
GTD	Internet fibra	\$34.036	1.1	no	plan asimétrico
MUNDO PACIFICO	Internet fibra 1Gb	\$16.798	0.54	no	luego de 12 meses sube a \$26.882
VTR	Internet negocio full	\$36.990	1.2	no	plan asimétrico, acceso coaxial

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en Excel

Comparado con otros servicios ofrecidos por parte de los ISP, este servicio es el único que cuenta como un complemento ante una caída energética y de conectividad, a eso se le suma la posibilidad de monitorear las mismas desde cualquier otro punto con conexión a internet. Se realizó un estudio sobre posibles productos de similares características dispuesta en la tabla 3-3.

Como se muestra en la tabla 3-3 de los proveedores de internet solo 1 cuenta con respaldo de conexión a internet (Entel), pero el problema que presenta es su elevado costo de contratación ya que es un servicio a contrato de 24 meses, lo cual su costo se eleva app a 192.24UF en total, además de esto el respaldo queda sujeto a la factibilidad técnica del lugar ya que solo se puede usar un respaldo 3G/4G de la misma compañía (cosa que lo limita). Los demás proveedores no ofrecen un servicio o complemento como tal para compensar la pérdida de internet.

Para este apartado ha sido complicado realizar una tabla comparativa debido a lo que se ofrece en el mercado se asemeja muy poco a lo propuesto por este proyecto, esto dificulta tener una referencia de cuanto es lo que se debería cobrar. Tomando esto en cuenta se opta por utilizar un análisis mediante un flujo de caja.

3.4.3 Flujo de caja

En el siguiente punto se entrega información sobre el estudio de flujo de caja (tabla 3-4) realizado para el proyecto. No se considera Se tomo en consideración un TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento) del 12% debido a que es considerado como un valor estándar. El estudio se realizó para una proyección de 2 años con un valor de UF de \$ 30947,30 CLP mencionado anteriormente.

Primeramente, se establecen valores y datos de utilidad para realizar el flujo de caja, estos serían:

El proyecto no utiliza financiación externa mediante prestamos o créditos de entidades bancarias.

Impuesto a la utilidad: 27%.

Capacidad máxima de producción al mes: 3 unidades.

El estudio será proyectado para 2 años.

Ventas y costo fijo al 2° año aumentan un 20%.

Inversiones varias \$200.000 (6,46UF).

Patentes y permisos: \$184.916 (5,97UF).

Estos valores en conjunto con los mostrados anteriormente (tabla 3-1 y tabla 3-2) se realiza una tabla para obtener los costos fijos y variables mostrados en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Tabla de costos fijos y costos variables.

	HH investigacion	pruebas y desarrollo	SUELDO	luz	internet	patente
costo fijo (UF)	0,75	19,4	32,3	0,16	0,65	0,50
	router y ups	costo envio insumos	transporte x venta	insumos		
costo variable (UF)	4,12	0,48	0,24	2,19		

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en Excel

Se toma el valor total de ambos casos para luego calcular el capital de trabajo necesario para que el proyecto funcione, el valor se muestra en la tabla 3-5.

Tabla 3-5: Tabla de sumatoria de costos fijos y variables.

	CLP	UF
costo fijo total	1.663.743	54
costo variable	217.790	7
total	1.881.533	61

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en Excel

Se considera la posibilidad real de que durante el periodo de desfase ocurran tanto estacionalidades en la producción, ventas o compras de insumos como ingresos que permitan financiar parte de los egresos proyectados. Para ello, se elabora un presupuesto de caja donde detalla, para un periodo de 12 meses correspondientes al primer año, la estimación de los ingresos y egresos de caja mensuales.

Tabla 3-6: Calculo de capital de trabajo mediante déficit acumulado máximo (UF).

CALCULO DEL CAPITAL DE TRABAJO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
UNIDADES VENDIDAS	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
ingresos por venta	74	74	74	74	149	149	149	223	223	223	223	223
costos fijos	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
costos variables	22,3	22,3	22,3	22,3	44,6	44,6	44,6	66,9	66,9	66,9	66,9	66,9
suelo trabajadores	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
costos totales	111	111	111	111	133	133	133	155	155	155	155	155
utilidad bruta	-36	-36	-36	-36	16	16	16	68	68	68	68	68
impuesto 27%	0	0	0	0	4	4	4	18	18	18	18	18
utilidad neta	-36	-36	-36	-36	12	12	12	49	49	49	49	49
utilidad neta acumulada	-36	-72	-109	-145	-133	-122	-110	-61	-11	38	88	137
valor capital de trabajo	145											

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en Excel

Una vez obtenido el valor del capital de trabajo (la inversión necesaria) para que el proyecto prospere se realiza luego el flujo de caja correspondiente, el cual debido al proyecto presentado y porque esto aún está en etapa de prefactibilidad se realizaran suposiciones y se omite realizar cálculos y valores. Esto principalmente por el motivo explicado anteriormente donde el escenario propuesto mantiene unas condiciones neutrales y no se realiza ni solicitudes de créditos ni préstamos bancarios.

La tabla 3-7 muestra el flujo de caja con los datos obtenidos anteriormente. De este flujo se obtiene los indicadores financieros que según sea su resultado se podrá determinar el beneficio y la rentabilidad que el proyecto nos reporta, una vez hecha la inversión. Con el análisis de parámetros como es el flujo de caja de la tabla 3-7 podrán dar una importante visión de las posibilidades de éxito del proyecto

Tabla 3-7: Tabla de flujo de caja de proyecto

	valores (UF)	0	1	2
+	Ingresos x vtas		1.486	1.784
-	Costos fijos.		54	65
=	Utilidad bruta		1.433	1.719
-	Costos variables.		7	7
=	Utilidad operacional		1.426	1.712
-	Gastos por sueldo		32	32
-	Gastos en publicidad		6	6
-	Capital de trabajo	145	-	-
+	Devolución del capital de trabajo		-	145
=	Utilidad Antes de Impto		1.426	1.712
-	impto 27%		385	462
=	Utilidad Desp Impto		1.041	1.250
-	Inversiones(menos el capital de trabajo)	6		
=	Total Anual	- 151	1.041	1.250
=	Flujo Neto de Caja	- 151	1.041	1.250
	Flujo de caja corregido	- 151	929	996
	Flujo de caja acumulado	- 151	778	1.774

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en Excel

Los indicadores como el VAN, TIR, IVAN se muestran a continuación en la tabla 3-5:

Tabla 3-8: Indicadores VAN, TIR, IVAN

TASA DE DESCUENTO (TMAR)	12%
VAN	1.774
TIR	7
PAYBACK	AÑO 1
IVAN	12

Fuente: Elaboración propia con valores actualizados a diciembre de 2021 en Excel

En resumen, el VAN puede tener 2 condiciones:

Si $VAN > 0$ = El proyecto es rentable.

Si $VAN < 0$ = El proyecto no es rentable.

El valor actual neto de la inversión en este momento es 1774 UF. Como es positiva, conviene que realicemos la inversión. De todas formas, se debe realizar el cálculo del TIR (tasa interna de retorno) para comparar el resultado con el valor de VAN de tal manera de poder llegar a una conclusión sobre la conveniencia de invertir en el proyecto o no.

Es importante mencionar que la TIR es la tasa de descuento que iguala la VAN a cero, se le llama tasa interna de retorno porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de reinversión.

Si $TIR > \text{a tasa de descuento } (r)$ = El proyecto es factible.

Si $TIR < \text{a tasa de descuento } (r)$ = El proyecto no es factible.

Dada la siguiente condición se puede determinar que el proyecto no es rentable:

$TIR = 7\% < 12\% = \text{PROYECTO NO RENTABLE, BAJA RENTABILIDAD.}$

3.5 ¿ES FACTIBLE EL PROYECTO?

En este punto, junto con el análisis previamente realizado, se determinará si el proyecto es factible realizarse y ofrecerlo como un producto al mercado, o si se deben realizar unas mejoras en el mismo.

Con los indicadores obtenidos y cálculos realizados se debe poner en discusión si el proyecto es rentable económicamente o no, según sus indicadores se tiene un VAN de 1774UF y un TIR del 7%, lo que supone que el proyecto es **INVIALE**, a pesar de obtener un valor de VAN positivo no deja de ser preocupante que la rentabilidad del proyecto será muy baja, lo cual a largo plazo se reflejará una pérdida en términos de inversión ya que existe una rentabilidad muy baja.

Esto puede deberse a la baja consistencia que tiene el proyecto al encontrarse en etapa temprana de desarrollo, el avance de la tecnología y con el paso del tiempo han dado a comprender que este modelo presentado tiene muchas posibilidades de seguir evolucionando a algo mucho mas complejo y eficiente, de muchas expectativas pero que por el corto plazo en el que se logró desarrollar quedaron muchos factores e investigaciones inconclusas.

3.6 EVALUACION DE OBJETIVOS

En este apartado se evaluarán los resultados obtenidos tomando en cuenta los objetivos específicos que se plantearon en el capítulo 1, esto es necesario para determinar el nivel de cumplimiento logrado.

- Realizar un estudio de los elementos a utilizar en el proyecto

Este objetivo buscaba estudiar los materiales a utilizarse eligiendo entre varios elementos los que más se adaptan a las necesidades, este objetivo se completó en su totalidad en el capítulo 2.

- Diseñar un programa en MCU para controlar las variables medidas

Este objetivo se enfocaba en la programación del microcontrolador a usar, unificando el sensado de la corriente, la comunicación con el servidor web además de las alarmas pertinentes. Este objetivo se cumplió totalmente durante el capítulo 2.

- Realizar estudio de servidores en internet para monitorear y visualizar las variables

Este objetivo buscaba obtener información sobre cual servidor era el más apto para utilizar según el conocimiento técnico que se tenía y la rapidez para trabajar. Este objetivo se completó durante los capítulos 2 y 3.

- Realizar conexiones de módulos y sensores a utilizar

Este objetivo se enfocaba principalmente en la implementación final del proyecto, instalación de sensor, conexión a la red, conexión de todo el hardware involucrado.

Este objetivo se completó totalmente en el capítulo 3.

- Realizar mediciones de la red eléctrica y conectividad de internet

Este objetivo se buscaba obtener los resultados del proyecto una vez ya implementado, verificar funcionamiento, realizar comparación con mediciones de instrumentos y ver la precisión con la que se media. Este objetivo se completó en su totalidad durante el capítulo 3.

El dashboard creado en thingspeak, puede revisarse a través del enlace

<https://thingspeak.com/channels/1581925>

- Realizar estudio económico del proyecto

Este objetivo buscaba realizar un estudio de mercado con las ofertas comerciales que ofrecen las empresas proveedoras de internet, analizar el costo de inversión que se realizó y verificar el costo de HH justificar que el proyecto posee una innovación que no proveen los ISP actualmente. Adicionalmente se buscaba analizar si es técnicamente viable la implementación, si los materiales son de adquisición rápida, los conocimientos están al alcance para desarrollar el apartado de software y, finalmente, la viabilidad a largo plazo que este puede obtener. Este objetivo se completó totalmente durante el capítulo 3.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La meta principal planteada para este proyecto fue el diseño e integración de un sistema de respaldo energético y de conectividad hacia internet mediante un estudio de prefactibilidad tanto técnica como económica, el uso de MCU e IOT fueron importantes para evitar tener pérdidas en empresas y pequeños locales comerciales que durante el 2020 hasta ahora se han visto afectados por el uso de medios tecnológicos para realizar el pago, además del respaldo energético que proporciona una preparación y tiempo extra de funcionamiento de equipos críticos. Este proyecto está enfocado a ofrecer un producto para empresas pequeñas y hogares que lo necesiten, de tal forma que a un bajo costo puedan obtener beneficios considerables. Para el caso del minimarket Tachoiros están de acuerdo en invertir para obtener el proyecto pero este debe contar con una función que entregue una recomendación de que capacidad debe tener la UPS que dará respaldo energético, pero para eso se necesita más tiempo del dispuesto para ofrecer esa mejora.

De acuerdo con los resultados obtenidos al final del capítulo 3, es posible concluir que el uso de tecnología IoT, Wifi y protocolo MQTT, es posible crear dispositivos inteligentes capaces de realizar procesos de alta eficacia a bajo costo de implementación, esto puede mejorarse para productos de mayor envergadura que, por ejemplo, puedan realizar la medición de distintas redes eléctricas y monitorearlas en un mismo canal de ThingSpeak.

Una recomendación para realizar sobre este proyecto es investigar sobre las alertas que se puedan programar, hasta la fecha de terminar el último estudio se encontró la posibilidad de agregar alertas vía WhatsApp para el usuario, lo que es un plus que va de la mano con la comodidad que recibirá el cliente, además de poder implementar alguna protección al circuito donde se encuentra el módulo DAC y el microcontrolador, alguna carcasa para protegerla del polvo y otras partículas. Realizar una reevaluación y plantear una nueva idea o forma de ofrecer el producto permitiría obtener una rentabilidad mayor ya que con el planteamiento actual propuesto en este documento deja en claro la inviabilidad a largo plazo que representa invertir en este producto.

BIBLIOGRAFIA

THINGSPEAK. Información sobre el API MQTT. [en línea]. [Consultado: Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://la.mathworks.com/solutions/internet-of-things.html>

ARDUINO IDE. Información sobre software de programación de lenguaje Arduino. [en línea]. [Consultado: Octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/software>

DRAW.IO. Creación de diagramas de flujo y diagrama en bloque. [en línea]. [Consultado: Octubre de 2021]. Disponible en: <https://app.diagrams.net/>

CCS. Información sobre modalidad de teletrabajo. [en línea]. [Consultado: Septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ccs.cl/2020/12/21/porcentaje-de-personas-en-teletrabajo-disminuye-a-un-tercio-del-empleo/>

CCS. Información sobre perspectiva del comercio electrónico. [en línea]. [Consultado: Septiembre de 2021]. Disponible en : <https://www.ecommerceccs.cl/wp-content/uploads/2021/04/Perspectivas-del-Comercio-Electr%C3%B3nico-George-Lever.pdf>

CCS. Datasheet de conversor análogo digital ADS1115 [en línea] [Consultado: Septiembre de 2021].]. Disponible en : <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/292735/TI/ADS1115.html>

CCS. Cotización de UPS y router 4G [en línea] [Consultado: Septiembre de 2021].]. Disponible en : <https://www.solotodo.cl>

CCS. Cotización de Wemos Di mini y otros insumos electronicos [en línea] [Consultado: Septiembre de 2021].]. Disponible en : <https://altronics.cl>

CCS. Información sobre librería de modulo ESP8266 [en línea] [Consultado: Septiembre de 2021].]. Disponible en : <https://esp8266-arduino-spanish.readthedocs.io/es/latest/esp8266wifi/readme.html>

ANEXO A: CODIGO DE PRUEBA DE SENSOR SCT-013-030

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1X15.h>

// Crear objeto de la clase
Adafruit_ADS1115 ads;

// Factor de escala. Por defecto el valor de referencia es 6,144V
// El factor de escala de esta referencia es de 0,1875mV
float factorEscala = 0.1875F;

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);

  // Factor de escala
  ads.setGain(GAIN_TWOTHIRDS);

  // Iniciar el ADS1115
  ads.begin();
}

void loop(void)
{
  // Obtener el diferencial
  short diferencia_0_1 = ads.readADC_Differential_0_1();
  // Convertir en voltios
  float voltios = (diferencia_0_1 * factorEscala)/1000.0;

  Serial.print("Diferencia 0-1 = ");
  Serial.println(diferencia_0_1);
  Serial.print("Voltage = ");
  Serial.println(voltios,4);
  Serial.println();

  delay(2000);
}

```

ANEXO B: CODIGO FINAL DE WEMOS D1 MINI

```

#include "ThingSpeak.h"
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1X15.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

#define myChannelNumber 1581925 //número del canal
#define myWriteAPIKey "8MAYE23IKBEURMKE" //API key write
#define cantmuestras 150 //muestras a tomar app 2seg
#define Imaxsens 30 // corriente maxima del sensor
#define mvmaxsen 1000 // mV maximo que ofrece el sensor de corriente
#define Volthogar 220 // tension de la red electrica

Adafruit_ADS1115 ads;

float Peficaz;
float Int_calculada;

const char* ssid = "movistar2,4GHZ_EA041F";
const char* password = "vqTJKMb9MRsBXsFHVERw";
int keyIndex = 0;
WiFiClient client;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(100);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  ThingSpeak.begin(client);
  ads.setGain(GAIN_TWO); // 2x gain +/- 2.048V 1 bit = 0.0625mV
  // ads.setGain(GAIN_FOUR); // 4x gain +/- 1.024V 1 bit = 0.03125mV
  if (!ads.begin()) {
    Serial.println("Failed to initialize ADS.");
    while (1);
  }
}

void loop() {

```

```

if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  Serial.print("Attempting to connect to SSID: ");
  Serial.println(ssid);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    WiFi.begin(ssid, password); // Connect to WPA/WPA2 network. Change this line if using
open or WEP network
    Serial.print(".");
    delay(5000);
  }
  Serial.println("\nConnected.");
  delay(2000);
}

```

Int_calculada = medi_Irms() * 1.34; // para corregir el valor y obtener una medicion mas real

Peficaz = Int_calculada * Volthogar; //ley de ohm

Serial.print(Int_calculada, 5);

Serial.println(" A");

Serial.print(Peficaz);

Serial.println(" W");

// Carga los valores a enviar

ThingSpeak.setField(1, Int_calculada);

ThingSpeak.setField(2, Peficaz);

// Escribe todos los campos a la vez.

ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);

Serial.println("¡Datos enviados a ThingSpeak!");

delay(20000);

}

float medi_Irms(){ //funcion de medicion

int16_t bitsADS;

float mVporbit = 0.0625F; // se anota en hexa para indicar que el programa lo reconozca como un flotante

float leficaz;

float linstante;

float mVinstante;

float sumlinstante=0;

```

for(int i = 0; i < cantmuestras; i++){
    bitsADS = ads.readADC_Differential_0_1();
    mVinstante = bitsADS * mVporbit;
    linstante = ((mVinstante * lmaxsens)/ mvmaxsen); // regla de 3 para calcular la corriente
del sensor de 1V
    sumlinstante += sq(linstante); //suma de cuadrados
}
leficaz = sqrt(sumlinstante / cantmuestras); //extraemos la raiz cuadrada dividido por el
numero de muestras
return(leficaz);
}

```