



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGIA

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL Y
TURBIDEZ DEL RÍO COPIAPÓ MEDIANTE IOT: OPTIMIZACIÓN Y
MONITOREO EN TIEMPO REAL**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
ingeniero de ejecución en instrumentación y automatización industrial

Profesor guía: Ricargo Quiroz

Ángel Anes Aguirre
Daniela Castro Brizuela
Copiapó, Chile 2023

DEDICATORIA

Este mensaje de agradecimiento está dirigido a todos los que fueron un apoyo considerable e imprescindible en el transcurso de mi carrera y para el desarrollo posterior de esta tesis. Primeramente, a mis padres, que fueron el apoyo moral y espiritual necesario para continuar cuando las dificultades se presentaron. Agradezco grandemente al equipo de profesores, que fueron guías y soporte intelectual en este proceso de investigación, sin ellos esto no hubiese podido ser posible. Gracias por su esfuerzo, paciencia, y consideración.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Síntesis del proyecto.....	1
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos	3
1.4. Metodología	4
CAPITULO II	5
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN Error! Bookmark not defined.	
2.1. Sistema de embalse.....	5
2.2. Medición de los parámetros del embalse	8
CAPITULO III	13
HARDWARE, SOFTWARE, ORGANIGRAMA.....	13
3.1. Hardware	13
3.1.1. Discriminación de hardware y software a utilizar para la mejora	13
3.1.2. Conexionado eléctrico de equipos	16
3.1.3. Tarjeta ESP32 devkit v1	18
3.1.4. Arduino yf-s201 (caudalímetro)	20
3.1.5. Sen0189 sensor de turbidez	21
3.2 SOFTWARE.....	22
3.2.1. Arduino IoT Cloud	22
3.3. ORGANIGRAMA.....	24
CAPITULO IV	26
DESARROLLO EN ARDUINO IOT CLOUD, ENVÍO DE DATOS	26

4.1. DESARROLLO EN ARDUINO IOT CLOUD	26
4.1.1. Things	27
4.1.2. Dashboards	39
4.2. Visualización de datos en el móvil	44
4.3. Envío de datos.....	45
CAPITULO V	49
EVALUACIÓN ECONÓMICA	49
5.1. Evaluar económicamente la mejora	49
5.2. Simulación de ingresos.....	50
CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	
540	
ANEXOS	
Error! Bookmark not defined.1	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Volumen.....	5
Figura N° 2.2: Aforador Parshall	9
Figura N° 3.1 Conexionado de equipos	16
Figura N° 3.2: Proceso de Arduino IoT Cloud	24
Figura N° 3.3: Organigrama de comunicación de datos	25
Figura N° 4.1: Ingreso.....	26
Figura N° 4.2: Arduino Cloud.....	27
Figura N° 4.3: Creación de Things	28
Figura N° 4.4: Elementos del Things	28
Figura N° 4.5: Things creado	29
Figura N° 4.6: Creación de variable Caudal	30
Figura N° 4.7: Creación de Variable para Turbidez	30
Figura N° 4.8: Variables creadas	31
Figura N° 4.9: Selección de tarjeta de terceros	31
Figura N° 4.10: Selección de tarjeta ESP32	32
Figura N° 4.11: Asignación de nombre al Device	32
Figura N° 4.12: Generación de clave del Device.....	33
Figura N° 4.13: Datos del Device	34
Figura N° 4.14: Device creado.....	34
Figura N° 4.15: Configuración de la red de trabajo	35
Figura N° 4.16: Vinculación de Device, Red de trabajo y Variables	36
Figura N° 4.17: Sketch.....	37
Figura N° 4.18: Proceso de verificación	38

Figura N° 4.19: Código verificado.....	39
Figura N° 4.20: Creación de Dashboards.....	40
Figura N° 4.21: Denominación del Dashboards	40
Figura N° 4.22: Adición de instrumentos para visualización de datos	41
Figura N° 4.23: Instrumentos creados con dashboards en modo de edición	42
Figura N° 4.24: Vinculación de variables	42
Figura N° 4.25: Modo visualización	43
Figura N° 4.26: Dashboards creado	43
Figura N° 4.27: Dashboard en el Móvil.....	44
Figura N° 4.28: Datos registrados y visualizados desde el móvil.....	45
Figura N° 4.29: Ampliación de gráficos	45
Figura N° 4.30: Wokwi.....	46
Figura N° 4.31: Simulación activa.....	47
Figura N° 4.32: Simulación detenida.....	47
Figura N° 4.33: Proyecto guardado.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Anchos de garganta	10
Tabla N° 2.2: Variables dimensionales del canal Parshall.....	11
Tabla N °2.3: Registros operacionales de la JVRC, Caudal	11
Tabla N° 3.1: Características de las PCB ESP32 versus ESP8266.....	13
Tabla N° 3.2: Equipos y componentes	17
Tabla N° 3.3: Modelos de caudalímetro	21
Tabla N° 5.1: Costos para implementación de sistema automático experimental	49

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante arduino iot cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la junta de vigilancia del rio Copiapó. La introducción del trabajo planteó que el sistema de medición de caudal y turbidez en el que se trabajó se basó en la aplicación de las herramientas que nos proporciona la industria 4.0., dicho proyecto surge de la necesidad vigilar condiciones del rio Copiapó como caudal y turbidez dada la importancia de la calidad del agua, para el uso humano requiriendo una revisión exhaustiva y una actualización del conocimiento del mundo del agua de fuentes extractivas y los problemas asociados con su distribución a los consumidores. Así, en el capítulo sobre el hardware, software y organigrama, detalla que, el concepto iot, se trata de conectar un elemento a internet con el fin de dotarle de inteligencia para que pueda interactuar con su entorno de forma automática en función de un conjunto de condiciones que previamente se hallan programado, particularmente Arduino brinda un entorno en la nube para ello, lo cual requirió algunos componentes básicos: Dispositivos para recopilar datos (sensor de caudal y turbidez); software para definir el comportamiento del hardware (Arduino Sketch) y aplicación en la nube para almacenar datos y visualizarlos mediante instrumentos virtuales. Así, se presentó el capítulo desarrollo en arduino iot cloud, envío de datos, se realizó satisfactoriamente la simulación del sistema de medición de caudal y calidad del agua mediante WokWi, en la pantalla del simulador se visualizaron los datos que especifica el sketch cargado en arduino iot cloud, demostrando que la comunicación entre los sensores y la tarjeta ESP32 permiten el envío de datos en concordancia con el respectivo sketch, logrando así, la verificación del hardware y software. A su vez, el capítulo evaluación económica, pudo constar que el costo para la realización del proyecto es baja en comparación con los ingresos que recibe la junta en cuestión lo que hace viable y factible al proyecto. Concluyéndose que, se obtuvo una aplicación de la ingeniería 4.0 de bajo costo y de aplicación técnica sencilla

AUTOMATIZACIÓN - SISTEMA DE MEDICIÓN - IOT

ABSTRACT

The objective of the work was to automate the water flow and turbidity measurement system through arduino iot cloud to optimize the surveillance of water collection by the Copiapó river surveillance board. The introduction of the work stated that the flow and turbidity measurement system in which we worked was based on the application of the tools provided by industry 4.0. This project arises from the need to monitor the conditions of the Copiapó river as a flow and turbidity given the importance of water quality for human use, requiring an exhaustive review and updating of the knowledge of the world of water from extractive sources and the problems associated with its distribution to consumers. Thus, in the chapter on hardware, software and organizational chart, he details that the iot concept is about connecting an element to the internet in order to provide it with intelligence so that it can interact with its environment automatically based on a set of conditions that have previously been programmed, particularly Arduino provides a cloud environment for this, which required some basic components: Devices to collect data (flow and turbidity sensor); software to define the behavior of the hardware (Arduino Sketch) and cloud application to store data and visualize it through virtual instruments. Thus, the development chapter in arduino iot cloud was presented, sending data, the simulation of the flow measurement system and water quality was successfully carried out using WokWi, the data specified in the sketch loaded in the simulator was displayed on the simulator screen. arduino iot cloud, demonstrating that the communication between the sensors and the ESP32 card allows the sending of data in accordance with the respective sketch, thus achieving hardware and software verification. In turn, the economic evaluation chapter, was able to state that the cost to carry out the project is low compared to the income received by the board in question, which makes the project viable and feasible. Concluding that, an application of engineering 4.0 of low cost and simple technical application was obtained.

AUTOMATION - MEASUREMENT SYSTEM - IOT

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Síntesis del proyecto

Parte de la evolución de sociedad, ha sido el desarrollo de la industria que, en la actualidad se encuentra en una situación de avance que la ha llevado a marcar una nueva era para varios ámbitos de la sociedad, destacando la industria 4.0, una concepción que abarca los avances tecnológicos en la fabricación y los sistemas de producción, la automatización de procesos y la combinación de big data. Este novedoso contexto digital, está afectando al mercado laboral, ya que las empresas han aumentado la necesidad de contar con el perfil profesional adecuado para las implementaciones de Internet de las cosas IoT, Big Data e Inteligencia Artificial.

Así la Industria 4.0, se fundamenta en la digitalización de los métodos industriales mediante la interacción de la inteligencia artificial o digital con las máquinas y el avance de los recursos, con el fin de crear nacientes metodologías de negocio eficaces, así como Big Data, Internet de las cosas (IoT), entre otras cosas, es consecuencia de las innovaciones tecnológicas que han permitido el adelanto de la inteligencia artificial y la mejora de la realidad virtual explica Rozo-García (2020).

Los procesos industriales, cada vez requieren más información para poder llevar un mejor control de sus sistemas, como así también menor dependencia del factor humano es por ello por lo que ha crecido la automatización de los procesos, para poder hacerlos más fiables y productivos. La amplia gama de soluciones tecnológicas que ofrece el mercado, permite el desarrollo de la automatización en sectores donde antiguamente no existía por factores económicos asociados, por lo que hoy en día, casi no hay restricciones para el desarrollo de la automatización industrial, la cual es una tendencia a nivel mundial en los procesos industriales de toda índole, producto de los avances tecnológicos, relacionados con el continuo y acelerado crecimiento de las tecnologías en todo el mundo.

De tal manera que, el rol del ingeniero en un país como Chile es protagonista y debe esgrimir todos los instrumentales digitales a su alcance, al igual que la ciencia de datos, hacia transformar el negocio en el tiempo fuerte determinación para la organización. Al respecto, Laniado, Montoya & Toro (2019) explican en cuanto a la industrialización 4.0 no se trata solo de tecnologías de vanguardia, revoluciona la forma en que estas tecnologías se armonizan para lograr objetivos y la forma en que las empresas las fructifican para promover los procedimientos y el desarrollo.

Particularmente el presente estudio, se centra en el uso de arduino iot cloud para la vigilancia del río Copiapó, como necesidad de la junta de vigilancia del río Copiapó y sus afluentes para dar cumplimiento a sus funciones y misión de vigilar que la captación de las aguas se haga por medio de las obras adecuadas y, en general tomar medidas que tiendan al goce completo y la correcta distribución de los derechos de aprovechamiento de aguas sometidas a su control. De manera que, entre los factores que se desea controlar por parte de la mencionada institución son el caudal y calidad de agua del mencionado río, como elementos fundamentales para la toma de decisiones a tiempo.

Para tales fines, el empleo de la IoT, comprendió un instrumento apropiado, ya que describe la red de objetos físicos (cosas) con la incorporación de sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de internet. En este particular, facilita la medición del caudal y calidad del agua mediante sensores, cuyos datos son enviados a la nube denominada Arduino IoT Cloud.

Así, Arduino IoT Cloud en su función remota, resultó útil ante la necesidad de monitorear o controlar independientemente de la hora o el lugar, generando desde la ingeniería un aporte. Para tales fines, se configuró un sistema de control automatizado, constituido básicamente por tarjeta arduino, sensor de calidad del agua y caudalímetro que envía los datos recolectados a arduino iot cloud, permitiendo visualizar de forma remota el caudal y la calidad del agua del río objeto de estudio.

Dicho sistema de control fue simulado mediante WokWi, un completo entorno de desarrollo para equipos arduino con el que se pueden gestionar todas las fases del proyecto, a saber, diseño del esquema electrónico centrado en la placa arduino y de todos los periféricos conectados a su alrededor, escritura del código a ejecutar en el microprocesador, simulación del software y del hardware.

1.2 Objetivo general

Seleccionar la tecnología de hardware y software disponible, como Arduino Cloud y WokWi, para implementar un sistema de medición de caudal y calidad del agua en el río Copiapó, permitiendo así la optimización y monitoreo en tiempo real.

1.3 Objetivos específicos

- ✚ Seleccionar la tecnología de hardware y software disponibles para medición de caudal y calidad del agua mediante arduino iot cloud y WokWi.
- ✚ Definir el diseño del sistema automatizado, destacando las conexiones, componentes y variables técnicas necesarias para para medición de caudal y calidad del agua mediante arduino iot cloud.
- ✚ Simular el sistema de medición de caudal y calidad del agua mediante WokWi.
- ✚ Registrar y controlar en tiempo real los parámetros asociados a las variables más importantes para la medición de caudal y calidad del agua
- ✚ Evaluar económicamente el sistema de medición de caudal y calidad del agua mediante arduino iot cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la junta de vigilancia del río Copiapó como alternativa de mejora.

1.4 Metodología

La automatización de medición del caudal y calidad del agua, se llevó a cabo a través de la tarjeta arduino uno conectada al sensor de caudal modelo arduino YF-S201 y sensor de turbidez arduino empleando el puerto de comunicación ESP32 para transmitir datos a arduino iot cloud, es de señalar que las configuraciones se realizan mediante la nube.

Por otra parte, la simulación requirió el empleo de WoKWi, donde se esquematizaron las conexiones de cada elemento y se simularon las señales para estimar el caudal, así como la señal correspondiente a la recepción de luz asociada a la turbidez del agua, para enviar datos a la nube de Arduino y obtener datos representados visualmente.

1.5 Capítulos

De esta forma, se presenta este trabajo que contiene el capítulo I, reseñando la síntesis del trabajo, donde se destaca la justificación y alcance de este, así como la necesidad de la cual surge el estudio, objetivo general y específicos, así como la metodología seguida para alcanzar los objetivos propuestos.

A su vez el capítulo II, hace referencia a la descripción del sistema de recirculación, detallando cómo funciona el sistema de embalse y la medición de los parámetros de caudal y turbidez.

Mientras el capítulo III, presenta el hardware, software, organigrama, donde se especifican detalles técnicos, así como el diagrama de conexión del sistema objeto de estudio y el proceso para la comunicación de datos.

En tanto, el capítulo IV, comprendió la explicación del desarrollo en arduino Iot Cloud, envió de datos.

Seguidamente se detalla el capítulo V con la evaluación económica donde se expresan los costos asociados a la mejora, así como la simulación de ingresos, para finalmente mostrar las conclusiones.

Capítulo VI, conclusiones.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de embalse

El embalse Lautaro es un embalse de aguas destinadas a riego ubicado 15 km aguas abajo del nacimiento del río Copiapó que ocurre en las confluencias de los ríos Jorquera y Pulido y unos kilómetros más abajo el río Manflas, a 90 km aguas arriba de Copiapó. La construcción original del embalse no previó la filtración del líquido en su base de grava y arena que provoca pérdidas de hasta el 50% del volumen, en la figura N° 2.1 se aprecia el volumen para 2004.

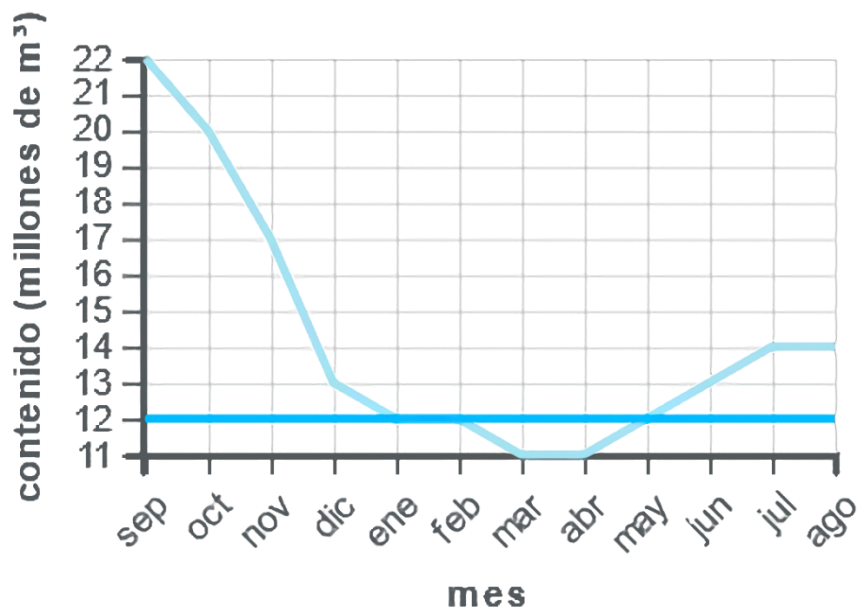


Figura N° 2.1: Volumen

Fuente: Dirección General de Aguas (2004).

Es de señalar el uso del río Copiapó como es en primer lugar la agricultura, actividad organizada por el hombre que tiene por objeto la producción de recursos hidrobiológicos, cualquiera sea su finalidad. Tratándose de las aguas continentales superficiales,

corresponde a la Subsecretaría de Pesca informar sobre la existencia de zonas destinadas a la acuicultura. En este acápite se consideran sólo las actividades de acuicultura que se realizan en el cauce mismo (uso del agua in-situ). La acuicultura que se realiza fuera del cauce se incluye como uso extractivo de tipo industrial.

Por otra parte, se presenta la pesca deportiva y recreativa, este uso es el que se destina a la actividad realizada con el objeto de capturar especies hidrobiológicas sin fines de lucro y con propósito de deporte, recreo, turismo o pasatiempo

En cuanto al riego, el uso del agua para riego es aquel que incluye la aplicación del agua desde su origen natural o procedente de tratamiento. Se distingue riego irrestricto y restringido. El primero es el que contempla agua, cuyas características físicas, químicas y biológicas la hacen apta para su uso regular en cada una de las etapas de desarrollo de cultivos agrícolas, plantaciones forestales o praderas naturales. En el riego restringido, en cambio, la aplicación se debe controlar, debido a que sus características no son las adecuadas para utilizarlas en todas las etapas de cultivos y plantaciones. En este acápite, sin embargo, no se desagregan estas clasificaciones de riego, porque no existen antecedentes para hacerlo.

La mayor parte del área bajo riego en la cuenca del río Copiapó se dedica al cultivo de parronales, para la producción de vid de mesa. Otros cultivos lo constituyen los olivos y hortalizas surtidas. Así la superficie regada alcanza a 16084 há. (Ref. 2.11). La demanda bruta al año 1997 era de 74.501.000 m³ /año y la demanda neta al mismo año correspondía a 52.910.000 m³ /año

Así entre los usos relevantes está la captación para agua potable, es aquel que contempla la utilización en las plantas de tratamiento para el abastecimiento tanto residencial como industrial. En la cuenca del Copiapó, las localidades de Copiapó y Tierra Amarilla son abastecidas de agua potable exclusivamente a través de aguas subterráneas.

Sin embargo, en cuanto a generación de energía eléctrica, si bien la cuenca del río Copiapó se encuentra en el área de abastecimiento, no cuenta con centrales hidroeléctricas que aporten recursos eléctricos al sector. Sin embargo, existe una central llamada Elisa de Bordos que utiliza las aguas del río Copiapó y que es propiedad de la Cía. Minera San José Ltda. No es posible asignar este uso a un segmento específico, por lo que no se incluirá en la lámina de usos del agua.

Por su parte, la actividad industrial, se presenta en el sector comprendido entre la quebrada Carrizalillo y la quebrada Paipote. En tanto que el sector comprendido por la quebrada de Paipote y la quebrada La Brea en 1996 presentaba una demanda de 346.410 (m³ /año) de las agroindustrias. De acuerdo a la información disponible no es posible asignar este tipo de uso a ningún segmento específico. Mientras, la Actividad minera en la actualidad cubre un 5 % de la demanda de agua, la minería se realiza sobre recursos hídricos superficiales.

En otro orden de ideas, el río alberga la Estación de Lautaro, se ubica en el río Copiapó, inmediatamente aguas abajo del embalse Lautaro. En años húmedos los mayores caudales se presentan entre diciembre y enero, producto de los deshielos, mientras que los menores ocurren entre junio y agosto.

En cuanto al caudal la dirección general de aguas (2004) explica que el régimen de caudales observado depende de la parte del río en estudio. Por tanto, en la Subcuenca alta del Copiapó, desde su origen en la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera hasta aguas arriba de la estación fluviométrica Copiapó en La Puerta. Tiene un régimen nival, con sus crecidas entre diciembre y marzo en años húmedos y normales. En años secos se observan flujos similares durante todo el año. El período de estiaje ocurre en los meses de junio, julio y agosto.

Mientras, en la subcuenca media del Copiapó, desde la estación fluviométrica Copiapó en La Puerta hasta aguas arriba de la estación Copiapó en Ciudad de Copiapó. Se observa un régimen mixto, con importantes aportes pluviales y nivales. En años lluviosos se tienen

mayores aportes nivales, mientras que en años normales y secos los caudales no muestran variaciones importantes. El período de estiaje ocurre en el trimestre agosto a octubre.

En tanto, la subcuenca baja del Copiapó, desde la estación fluviométrica Copiapó en Ciudad de Copiapó hasta su descarga en el océano pacífico. Muestra un régimen mixto, con importantes caudales en invierno y verano en años muy húmedos. Sin embargo, en años normales y secos la influencia nival disminuye notablemente producto del uso de agua para el riego de zonas agrícolas emplazadas en las laderas del río, de manera que se presentan los menores caudales en ese período, entre diciembre y febrero

2.2 Medición de los parámetros del embalse

De acuerdo a la Junta de Vigilancia del Río Copiapó (JCRC, 2022), se emplea el aforador párshall (ver figura 2.2), Instrumento de medición que sirve para evaluar el caudal de una corriente superficial y así obtener datos de registros hidrométricos. La efectividad de este tipo de elemento de medición radica en su sencilla construcción y operación, puesto que al ser un sistema estandarizado internacionalmente es posible obtener el caudal en forma rápida y efectiva, por otro lado, se diseña como un elemento auto limpiante e impide deformaciones en la medición por la acumulación de sedimentos en el aforador, lo que lo hace un sistema ideal para el caso de aguas con mucho material sedimentable.

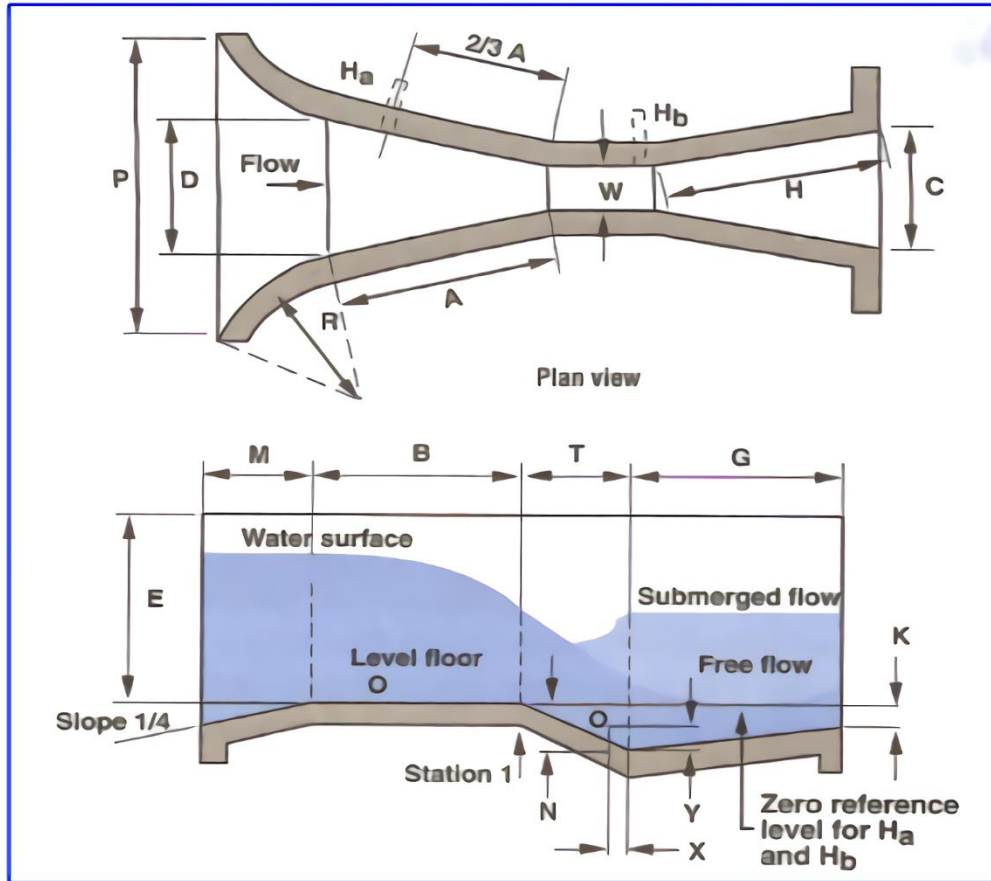


Figura N° 2.2: Aforador Parshall

Fuente: Junta de vigilancia Río Copiapó. (2022).

Dicho sistema se rige por una relación matemática entre calado y caudal en situación de descarga libre según fórmula N° 1.1 (Mott, Brito, & Cárdenas, 2006):

$$Q = C * (H_a)^n \quad (\text{Ec. N°1.1})$$

Donde, Q es el caudal, H_a el calado en un punto determinado del canal, y C y n son coeficientes que dependen de las dimensiones del canal. Mediante este desarrollo, y después de probar multitud de tamaños y proporciones de secciones de canal. En función de pruebas de tamaños y proporciones se han determinado los rangos de funcionamiento

y la geometría de este tipo de aforadores está completamente definida a través de tablas. Así, por el rango de caudales se ubicará el flujo a medir, se debe tener en cuenta qué anchos de garganta debe imponer, algunos de los cuales tiene reflejados en la siguiente tabla N° 1.1 (Mott, Brito, & Cárdenas, 2006) en Anexos se muestran las tablas para el río Copiapó.

Tabla N° 2.1: Anchos de garganta

Ancho de Garganta W		Caudal Q (l/s)	
pulg	cm	Mínimo	Máximo
3"	7.6	0.85	53.8
6"	15.2	1.52	110.4
9"	22.9	2.55	251.9
1'	30.5	3.11	455.6
1½'	45.7	4.25	696.2
2'	61.0	11.89	936.7
3'	91.5	17.26	1426.3
4'	122.0	36.79	1921.5
5'	152.5	62.8	2422.0
6'	183.0	74.4	2929.0
7'	213.5	115.4	3440.0
8'	244.0	130.7	3950.0
10'	305.0	200.0	5660.0

Fuente: Mott, Brito, & Cárdenas (2006)

Establecido el ancho de garganta, el resto de dimensiones del aforador por canal parshall viene fijado por el siguiente esquema... notar que el punto de toma de lecturas de calado está perfectamente fijado, de modo que el calado de referencia para el cálculo del caudal se ubica a 2/3 de la longitud de la zona convergente desde su sección final (Brière & Pizarro, 2005).

Los valores de las variables dimensionales del canal Parshall son los que se recogen en la tabla N° 1.2 (Brière & Pizarro, 2005).

Tabla N° 2.2: Variables dimensionales del canal Parshall

W	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
Dimensiones en mm															
25.4	363	242	356	93	167	229	76	203	19	---	29	---	---	8	13
50.8	414	276	406	135	214	254	114	254	22	---	43	---	---	16	25
76.2	467	311	457	178	259	457	152	305	25	---	57	---	---	25	38
152.4	521	414	610	394	397	610	305	610	76	305	114	902	406	51	76
228.6	879	587	864	381	575	762	305	457	76	305	114	1080	406	51	76
Dimensiones en m															
0.3048	1.372	0.914	1.343	0.610	0.845	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.492	0.508	0.051	0.076
0.4572	1.448	0.965	1.419	0.762	1.026	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.676	0.508	0.051	0.076
0.6096	1.524	1.016	1.495	0.914	1.206	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.854	0.508	0.051	0.076
0.9144	1.676	1.118	1.645	1.219	1.572	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	2.222	0.508	0.051	0.076
1.2192	1.829	1.219	1.794	1.524	1.937	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	2.711	0.610	0.051	0.076
1.5240	1.981	1.321	1.943	1.829	2.302	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.080	0.610	0.051	0.076
1.8288	2.134	1.422	2.092	2.134	2.667	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.442	0.610	0.051	0.076
2.1336	2.286	1.524	2.242	2.438	3.032	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.810	0.610	0.051	0.076
2.4384	2.438	1.626	2.391	2.743	3.397	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	4.172	0.610	0.051	0.076
3.0480	2.7432	1.829	4.267	3.658	4.756	1.219	0.914	1.829	0.152	---	0.343	---	---	0.305	0.229
3.6580	3.0480	2.032	4.877	4.470	5.607	1.524	0.914	2.438	0.152	---	0.343	---	---	0.305	0.229
4.5720	3.5052	2.337	7.620	5.588	7.620	1.829	1.219	3.048	0.229	---	0.457	---	---	0.305	0.229
6.0960	4.2672	2.845	7.620	7.315	9.144	2.134	1.829	3.658	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
7.6200	5.0292	3.353	7.620	8.941	10.668	2.134	1.829	3.962	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
9.1440	5.7912	3.861	7.925	10.566	12.313	2.134	1.829	4.267	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
12.1920	7.3152	4.877	8.230	13.818	15.481	2.134	1.829	4.877	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
15.2400	8.6392	5.893	8.230	17.272	18.529	2.134	1.829	6.096	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229

Fuente: Brière & Pizarro (2005).

Así, a través de los orificios de toma de datos, y por vasos comunicantes, se puede observar en el pozo correspondiente la altura de lámina de agua H_a registrada, y a través de la expresión matemática expuesta anteriormente obtener de manera directa el caudal (o gasto) que circula, para ello es preciso conocer los valores de los coeficientes C y n , que también dependen del ancho de la garganta (Brière & Pizarro, 2005).

Por otra parte, la obtención de los datos de caudal de la tabla N° 2.3, son tomados por celadores durante la mañana de cada día, particularmente los mostrados en la citada tabla corresponden a junio de 2022. En Anexos se muestran los registros de operación completos para el mes de junio del año en curso.

Tabla N ° 2.3: Registros operacionales de la JVRC, Caudal

Registro JVRC	
Ingreso Est.Pastillo	Descarga Est.Lautaro
Q [l/s]	Q [l/s]
770	480

820	480
1.020	480
1.020	480
920	480
920	480
920	480
920	480
913,75	480,00

Fuente: Junta de Vigilancia del Río Copiapó (2022)

CAPITULO III

HARDWARE, SOFTWARE, ORGANIGRAMA

3.1 Hardware

En el presenta apartado se exponen las características y variables relevantes de cada uno de los elementos físicos utilizados en la simulación de la automatización para el sistema de medición de caudal y turbidez del rio Copiapó mediante IoT

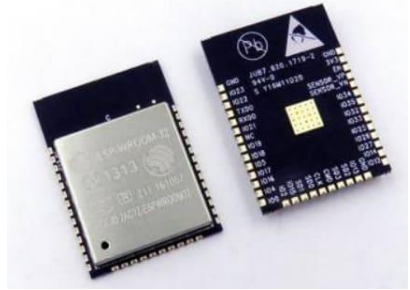
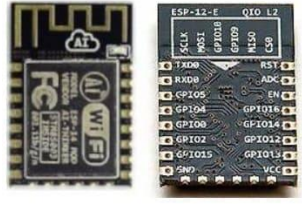
3.1.1 Discriminación de hardware y software a utilizar para la mejora

Para los efectos de la simulación, se emplearon sensores específicos hacia cada medición como fueron caudal y turbidez, en este sentido se emplearon los de la marca Arduino, adicionalmente a ello se empleó una PCB para las conexiones y comunicación necesarias en la simulación que a su vez se presenta como una alternativa para las mediciones requeridas del rio Copiapó.

En este sentido, la principal comparación se hace entre las placas ESP32 y ESP8266, ambas son de bajo costo y muy usadas en proyectos universitarios, de manera que las diferencias técnicas que se presentan en la tabla N° 2.1 fueron las evaluadas para decidir utilizar la ESP32 en la simulación. En este sentido, ESP32 es una tarjeta con mayor velocidad para Wifi que resulta más conveniente ante un proyecto IoT, su costo, aunque mayor al ESP8266 es accesible, aunado a ello la ESP32 cumple dos funciones como placa para la conexión de los sensores y como Wifi, mientras la ESP8266 se debe conectar a una placa Arduino.

Tabla N° 3.1: Características de las PCB ESP32 versus ESP8266

Característica	ESP32	ESP8266
-----------------------	--------------	----------------

Módulo		
CPU	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 con 600 DMIPS	Xtensa Single-core 32-bit L106
Velocidad del WiFi	802.11n hasta 150 Mbps	Hasta 72,2 Mbps
Protocolo WiFi	802,11 b/g/n (2,4 Ghz)	802,11 b/g/n (2,4 Ghz)
GPIO	36	17
Bluetooth	SÍ	NO
DAC	Dos canales DAC de 8 bits	NO
ADC	SAR de 12 bits	SAR de 10 bits
Canales ADC	8 Canales	Un solo canal
Referencia del CAD V	1100mV	1100mV
SPI/I2C/I2S/UART	4/2/2/3	2/1/2/2
Modos WiFi	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P

Sensor táctil	SÍ (8-Canales)	NO
Sensor de temperatura	SÍ	NO
Sensor de efecto Hall	SÍ	NO
SRAM	520 kB (8 kB de SRAM en RTC)	Tamaño de la RAM < 50 kB
FLASH (externo)	4Mbytes (también disponible más alto)	4Mbytes
ROM	448 kB de ROM para el arranque y las funciones básicas	No hay ROM programable
Protocolos de red	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT	IPv4, TCP/UDP/HTTP/MQTT
Interfaz periférica	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Control RemotoGPIO/ADC/DAC/Touch/PWM/LED	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Control RemotoGPIO/ADC/PWM/LED
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ 125°C
Tensión de funcionamiento	2.5V ~ 3.6V	2.5V ~ 3.6V
Corriente operativa	Promedio: 80 mA	Valor medio: 80 mA
Precio	\$ 5.284,02– 8.806,69	\$ 2.642,01 – \$ 5.284,02

Fuente: UNIT (2022).

En cuanto a la disponibilidad, ESP32 se encuentra disponible en el mercado, sin embargo, para los efectos de la simulación la plataforma Arduino IoT Cloud, con la cual se realizó la simulación, si cuenta con dicha placa en variedad de modelos haciendo posible gozar de sus beneficios en este proyecto.

3.1.2 Conexión eléctrica de equipos

En la Figura N° 3.1 se observa la disposición física que tendrán las conexiones para un circuito eléctrico orientado a Automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la junta de vigilancia del río Copiapó.

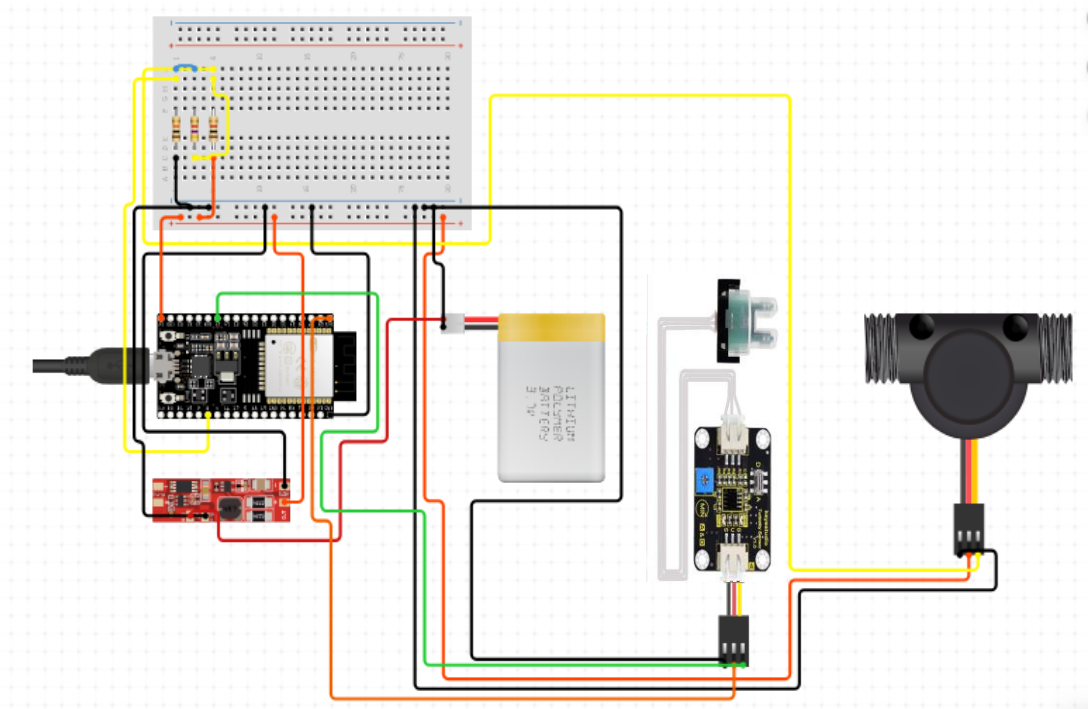
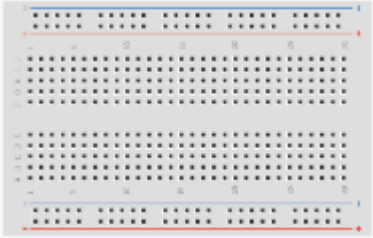
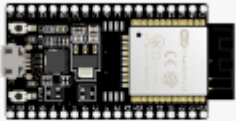



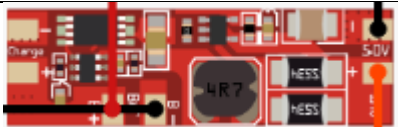





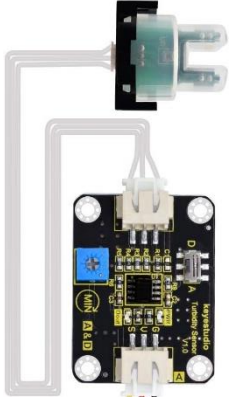
Figura N° 3.1: Conexión de equipos

En este sentido, se emplea como PCB la tarjeta ESP32 a la cual se conectan principalmente el sensor de turbidez arduino, así como el caudalímetro arduino, con una serie de componentes complementarios como son la tabla de prueba, resistencias de tres

medidas diferentes y sistema de batería de 3.7 voltios, con más detalle se presentan los componentes en la tabla 2.2.

Tabla N° 3.2: Equipos y componentes

Equipos que componen el circuito	
BreadBoard - Half Size	
ESP32 DEVKIT V1	
Lithium Polymer Battery - 3.7v	
Resistor	
USB micro-B Cable - 6 Foot	
Lipo Battery Charger Module 3.7v Step Up to 5v	
Jumper Wires Pack - M/M	

Jumper Wires Pack - M/F	
Arduino YF-S201 (Caudalímetro)	
Sen0189 Sensor de turbidez	

3.1.3 Tarjeta ESP32 devkit v1

Creado y desarrollado por Espressif Systems, ESP32, una serie de microcontroladores de bajo costo y de bajo consumo con sistema en chip con Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrados, es un avance para los ingenieros de automatización que no quieren verse envueltos en los matices de la radiofrecuencia (RF) y el diseño inalámbrico. Como una radio combinada Wi-Fi/Bluetooth de bajo costo, la serie ha ganado popularidad no solo entre los aficionados sino también entre los desarrolladores de IoT. Su bajo consumo de

energía, sus múltiples entornos de desarrollo de código abierto y sus bibliotecas la hacen perfectamente adecuada para desarrolladores de todo tipo (Villar, 2021)

El ESP32 DEVKIT V1 es un microcontrolador de bajo costo y consumo de energía, cuenta con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada que permite controlar todo tipo de sensores, módulos y actuadores. permite generar proyectos de Internet de las cosas “IoT” de forma eficiente y económica, ya que integra internamente una gran cantidad de periféricos incluyendo: sensores táctiles capacitivos, sensor de efecto Hall, amplificadores de bajo ruido, interfaz para tarjeta SD, Ethernet, SPI de alta velocidad, UART, I2S e I2C. Tiene un CPU de dos núcleos de hasta 240Mhz que se pueden controlar independientemente (Villar, 2021)

Sus especificaciones y características según UNIT (2022) son:

- Serie: ESP32 DEVKIT V1
- Chip USB-Serial: CP2102
- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- Consumo de energía de 5 μ A en modo de suspensión
- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Conversor Analógico Digital: Dos ADC de 12bits tipo SAR, soporta mediciones en hasta 18 canales, algunos pines soportan un amplificador con ganancia programable
- Antena en PCB
- Tipo: Módulo Wifi + Bluetooth
- Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
- Bluetooth: 4.2 BR/EDR BLE Modo de control dual
- CPU principal: Tensilica Xtensa 32-bit LX6
- Memoria: 448 KByte ROM, 520 KByte SRAM, 6 KByte SRAM en RTC y QSPI admite múltiples chips flash /SRAM
- Procesador secundario: Permite hacer operaciones básicas en modo de ultra bajo consumo

- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
- Seguridad: IEEE 802.11, incluyendo WFA, WPA/WPA2 y WAPI
- Criptografía acelerada por hardware: AES, SHA-2, RSA, criptografía de curva elíptica (ECC), generador de números aleatorios (RNG)

3.1.4 Arduino yf-s201 (caudalímetro)

Un caudalímetro, es un sensor que permite medir la cantidad de agua que atraviesa una tubería. Podemos conectar un caudalímetro a un procesador como Arduino para obtener la medición del sensor. El nombre del caudalímetro proviene del término caudal, que es la relación entre volumen y tiempo. Las unidades en el sistema internacional son m^3/s , siendo otras unidades habituales l/s y l/min. El caudal depende de diversos factores, principalmente de la sección de tubería y la presión de suministro (Salvador, 2020)

Dentro del campo de caudalímetros se tienen diversos modelos como el YF-S201, FS300A, FS400A. Cada uno dispone de distintas características, aunque el criterio de selección entre estos tres será el diámetro de la tubería. Están constituidos por una carcasa plástica estanca y un rotor con paletas en su interior. Al atravesar el fluido el interior el sensor el caudal hace girar el rotor.

La velocidad de giro se determina mediante un imán fijado al rotor, que es detectado mediante un sensor hall externo a la carcasa. Por tanto, ninguna parte eléctrica está en contacto con el fluido.

La salida del sensor es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal atravesado (Salvador, 2020).

$$Q = \frac{f}{K} \quad (\text{Ec. N}^\circ \text{ 3.1})$$

Donde, K es el factor conversión, f es frecuencia (Hz) y Q es caudal (L/min) que dependen de los parámetros constructivos del sensor. El fabricante proporciona un valor de referencia en sus Datasheet. No obstante, la constante K depende de cada caudalímetro. Con el valor de referencia podemos tener una precisión de +-10 %. Si se quiere una precisión superior deberemos realizar un ensayo para calibrar el caudalímetro (Salvador, 2020).

Tabla N° 3.3: Modelos de caudalímetro

Modelo	Conexión	Caudales	K
YF-S201	1/2"	1-30 L/min	7.5
FS300A	3/4"	1-60 L/min	5.5
FS400A	1"	1-60 L/min	3.5

Fuente: Salvador (2020)

3.1.5 Sen0189 sensor de turbidez

La turbidez es el grado o nivel de turbidez de un líquido. Esto sucede debido a la presencia de una gran cantidad de partículas invisibles (a simple vista) similares al humo blanco en el aire. Cuando la luz atraviesa los líquidos, las ondas de luz se dispersan debido a la presencia de estas diminutas partículas. La turbidez de un líquido es directamente proporcional a las partículas libres en suspensión, es decir, si el número de partículas aumenta, la turbidez también aumentará (Ecuarobot, 2021)

Para medir la turbidez debemos medir la dispersión de la luz. La turbidez generalmente se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) o unidades de turbidez de Jackson (JTLJ), según el método utilizado para la medición. Las dos unidades son aproximadamente iguales. un sensor de turbidez tiene dos partes, transmisor y receptor. El transmisor consta de una fuente de luz, típicamente un LED y un circuito de controlador. En el extremo del receptor, hay un detector de luz como un fotodiodo o un LDR.

El transmisor simplemente transmite la luz, las ondas de luz pasan a través de la solución y el receptor recibe la luz. Normalmente (sin la presencia de una solución) la luz transmitida recibe completamente en el lado del receptor. Pero en presencia de una solución turbia, la cantidad de luz transmitida es muy baja. Es decir, en el lado del receptor, se obtiene solo una luz de baja intensidad y esta intensidad es inversamente proporcional a la turbidez. Entonces podemos medir la turbidez midiendo la intensidad de la luz si la intensidad de la luz es alta, la solución es menos turbia y si la intensidad de la luz es muy baja, eso significa que la solución es más turbia (Ecuarobot, 2021).

Las características del sensor de turbidez Arduino son según Ecuarobot, (2021):

- Voltaje de funcionamiento: 5 V CC.
- Corriente: 30 mA (MAX).
- Temperatura de funcionamiento: -30°C a 80°C .
- Compatible con Arduino, Raspberry Pi, AVR, PIC, etc.

3.2 SOFTWARE

A continuación, se expone el software que se empleará para la simulación de la automatización para el sistema de medición de caudal y turbidez del río Copiapó mediante IoT.

3.2.1 Arduino IoT Cloud

El IOT o internet de las cosas es un concepto cada vez más de moda que hace referencia a la interconexión de cualquier elemento de uso cotidiano a Internet. En este sentido se habla de conectar a Internet una lavadora, una nevera, un televisor o cualquier otro elemento para poder tener acceso al mismo desde cualquier punto del planeta y poder controlar a dicho elemento (Vegas y otros, 2015).

En un sentido más amplio del concepto IOT, se trata de conectar un elemento a internet con el fin de dotarle de inteligencia para que pueda interactuar con su entorno de forma

automática en función de un conjunto de condiciones que previamente se hallan programado (Vegas y otros, 2015).

De manera que, Arduino IoT Cloud es una plataforma de aplicación de Internet de cosas (of Things) fácil de usar. Hace que sea muy sencillo para cualquiera desarrollar y gestionar aplicaciones de IoT, lo que les permite centrarse en la resolución de problemas reales, basado en el entorno Arduino familiar para millones de usuarios, permite construir rápidamente el monitoreo de sensores remotos usando widgets, Conectándose de ser necesario a una hoja de cálculo, base de datos o automatice alertas utilizando webhooks

Según lo que el usuario quiera lograr, una aplicación de IoT requerirá algunos componentes básicos: Dispositivos para recopilar datos o controlar algo; Software para definir el comportamiento del hardware (p. Ej., Arduino Sketch); y Aplicación en la nube para almacenar datos, o controlar de forma remota el equipo (Assam, 2019)

Así se debe señalar que, los dispositivos son objetos físicos como una placa de hardware que puede estar contenido dentro de un producto (por ejemplo, MKR WiFi 1010). Son el hardware que ejecuta el software, lee los sensores, controla los actuadores y se comunica con Arduino IoT Cloud. Mientras, las cosas representan las propiedades inherentes del objeto, con tan poca referencia al hardware real utilizado para implementarlas. Cada cosa está representada por una colección de propiedades (por ejemplo, temperatura, luz).

De manera que, las propiedades son las cualidades que definen las características de un sistema. Una propiedad puede ser algo así como una configuración de ‘solo lectura’ (RO) para indicar que Arduino IoT Cloud puede leer los datos, pero no puede cambiar el valor de la propiedad. Una propiedad puede diseñarse como ‘lectura y escritura’ (RW) si Arduino IoT Cloud también puede cambiar de forma remota el valor de la propiedad y enviar una notificación de evento al dispositivo.

Los tableros Arduino generalmente requieren que se programen, para ingresar algún código a través de un Arduino Sketch. Arduino IoT Cloud generará rápida y automáticamente un Sketch al configurar algo nuevo: esta es una de sus características convenientes, de modo que el proceso para manejar Arduino IoT Cloud se resumen en la Figura N° 3.2 (Assam, 2019).

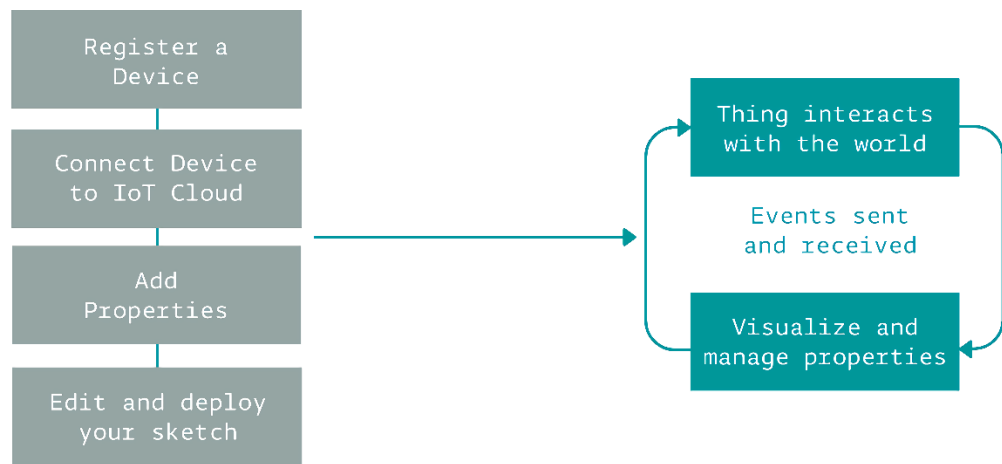


Figura N° 3.2: Proceso de Arduino IoT Cloud

Fuente: Assam (2019).

3.3 ORGANIGRAMA

En función de lo anteriormente expuesto se presenta el organigrama de la Figura N° 2.3, donde se aprecia que el circuito expuesto en la figura 3.1, se conecta para lograr la transmisión de datos, específicamente de los sensores analógicos correspondientes a turbidez y caudal.

Dichos sensores, estarán en contacto con el agua y conectados a la tarjeta ESP32 que enviará vía Wifi al Arduino IoT Cloud los datos que ambos sensores han registrado, en el caso del sensor de caudal es una señal pulsante, mientras el de turbidez es constante, mediante el código la información es procesada y mostrada en el Dashboard de la Arduino IoT Cloud.

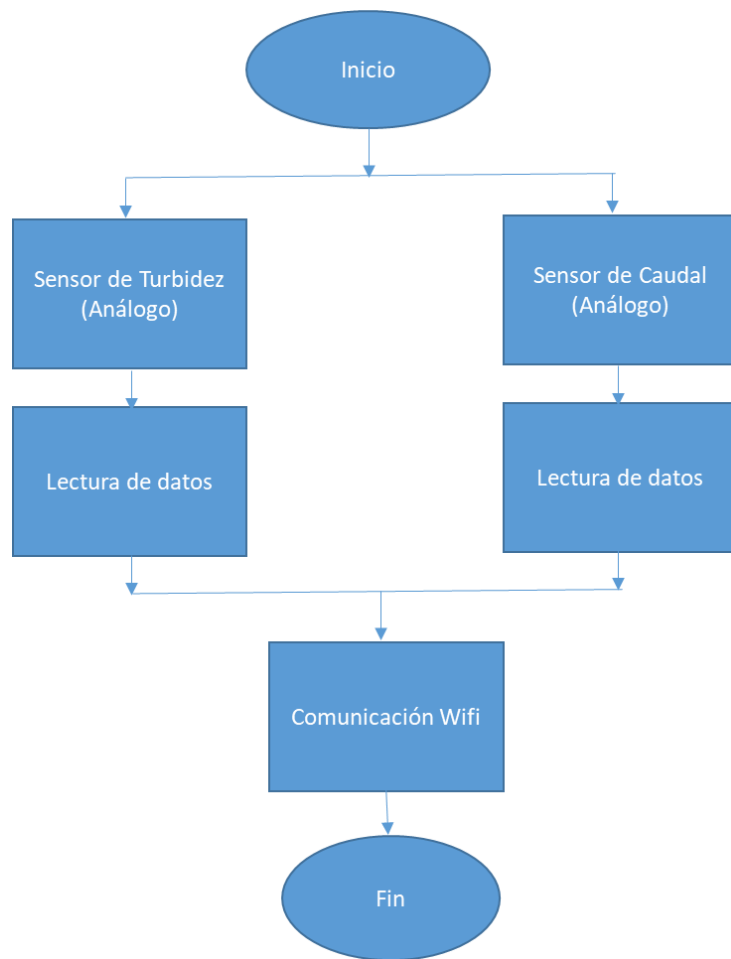


Figura N° 3.3: Organigrama de comunicación de datos

CAPITULO IV

DESARROLLO EN ARDUINO IOT CLOUD, ENVÍO DE DATOS

4.1 DESARROLLO EN ARDUINO IOT CLOUD

El desarrollo bajo la plataforma IoT de Arduino para Automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la junta de vigilancia del rio Copiapó, implica los pasos que básicamente se dividen en la creación de las cosas que implica la declaración de variables, así como el código con el cual trabajará el sistema, para a su vez construir el dashboards donde se visualizan los datos obtenidos de los sensores mediante instrumentos virtuales.

En la Figura N° 4.1 se presenta la forma de ingreso a la nube de Arduino para lo cual es necesario haber creado una cuenta con el uso de correo y clave, de manera que para los efectos de esta investigación se creó un correo cuyo fin es acceder a la nube de Arduino.

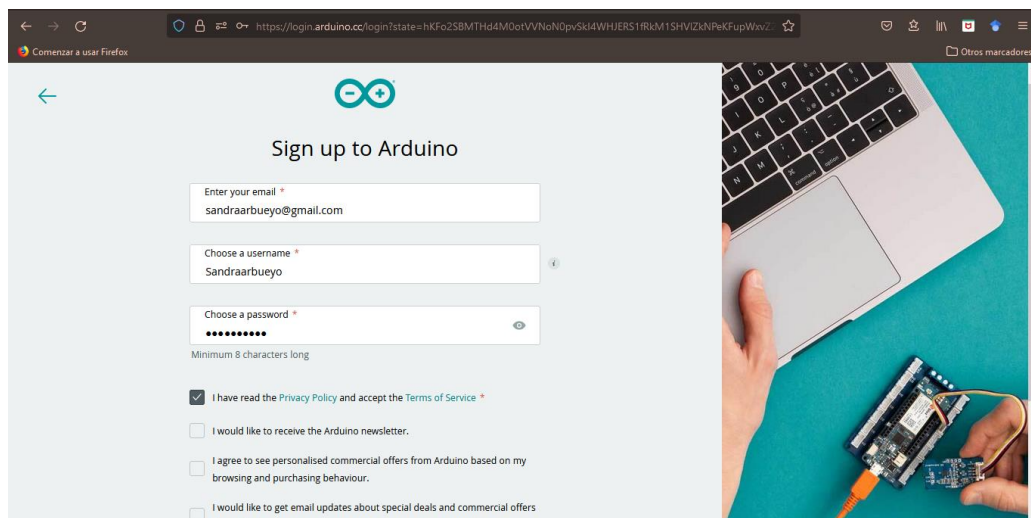


Figura N° 4.1: Ingreso

Seguidamente al ingresar a la nube Arduino como se aprecia en la Figura N° 4.2 se tiene acceso a la cuenta creada, donde se presenta la opción de ingresar a la IoT Cloud o al web Editor, en este caso se accedió al IoT Cloud, plataforma que permite la creación de las cosas (Things) para registro y monitoreo del caudal y turbidez automático.

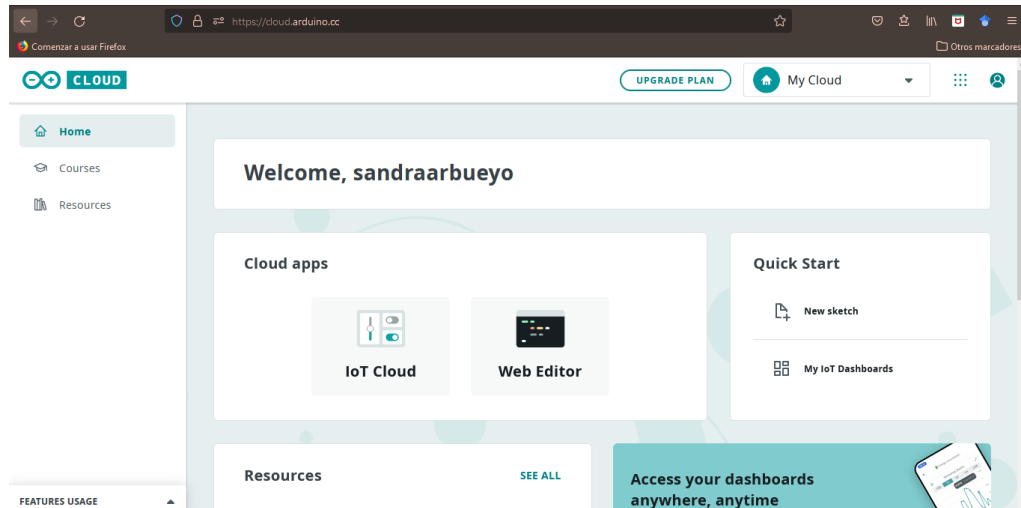


Figura N° 4.2: Arduino Cloud

4.1.1 Things

En esta sección del Arduino IoT Cloud se describe la red de objetos físicos ("cosas") que llevan incorporados los sensores de caudal y turbidez con el fin de conectarse e intercambiar datos, lo cuales se deben crear como se muestra en la Figura N° 4.3.

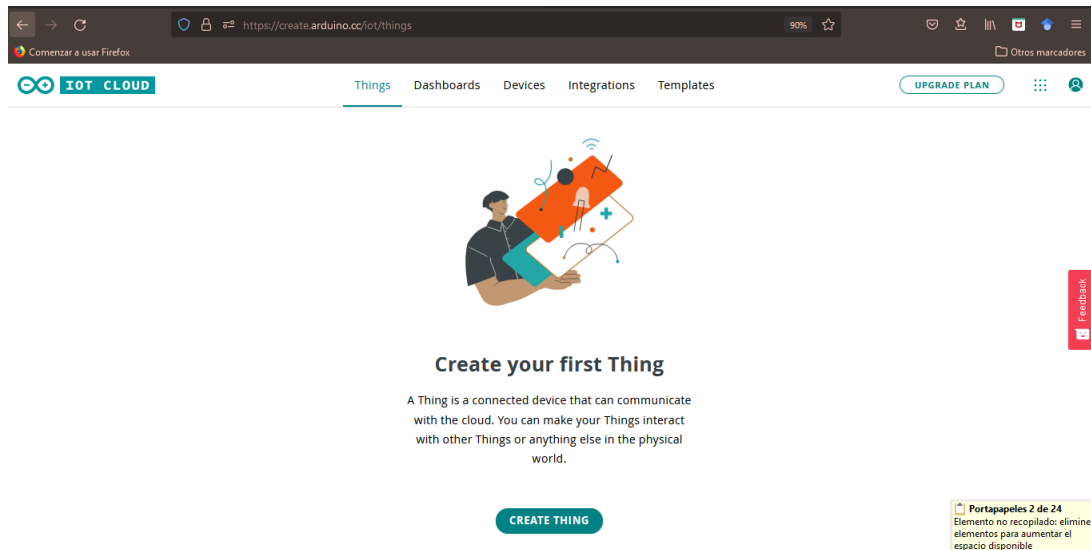


Figura N° 4.3: Creación de Things

De esta forma la creación de Things como se muestra en la figura 4.4, implica los elementos de Setup constituido por, la creación de las variables, asociación de controladores y red de trabajo, mientras el Sketch contiene los códigos de programación de las cosas asociadas.

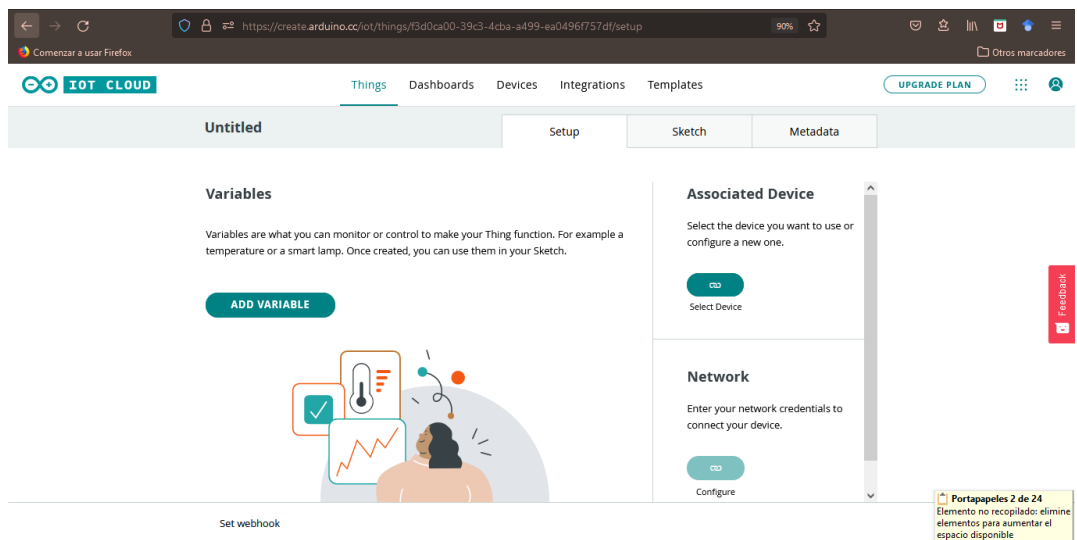


Figura N° 4.4: Elementos del Things

Para los fines de la automatización objeto de este estudio, se creó la cosa denominada Automatización Copiapó como se aprecia en la figura 4.5, constituida por un controlador ESP32 y dos variables caudal_L_m y otraturb, enlazados por la red de trabajo prueba, considerando los fines académicos se empleó la versión gratuita que satisfizo las necesidades del estudio.

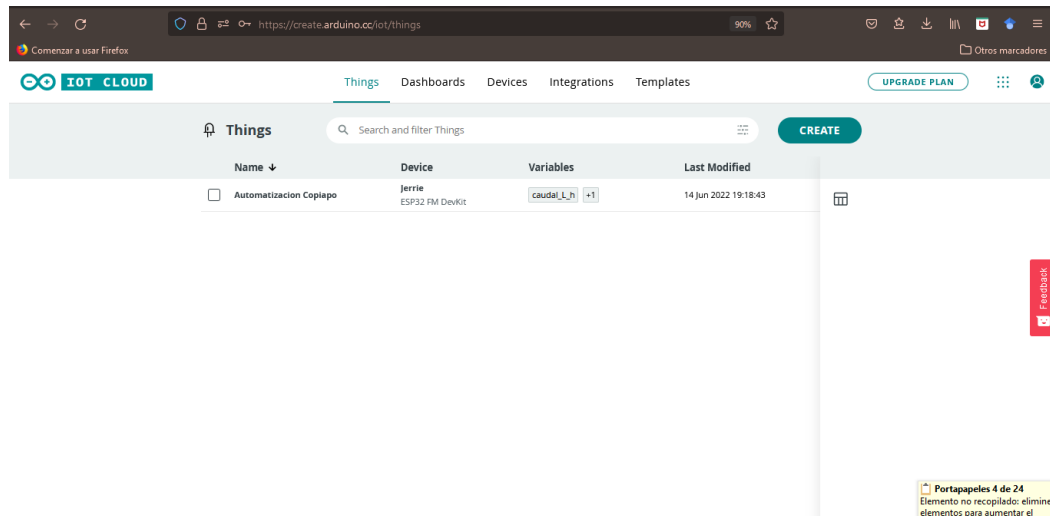


Figura N° 4.5: Things creado

A continuación, se señala como se constituyó el setup y sketch

Setup. Primeramente, se configuraron las variables que guardan y muestran los datos enviados desde el circuito de la figura 2.1 hasta la nube de Arduino mediante wifi. La primera variable configurada fue la correspondiente a caudal según la Figura N° 4.6, con nombre caudal_L_h, declarada como variable tipo CloudFlowRate cuyas unidades de medición se fijan en litros por minutos, con permiso de sólo lectura y política carga de datos de la variable cuando cambie.

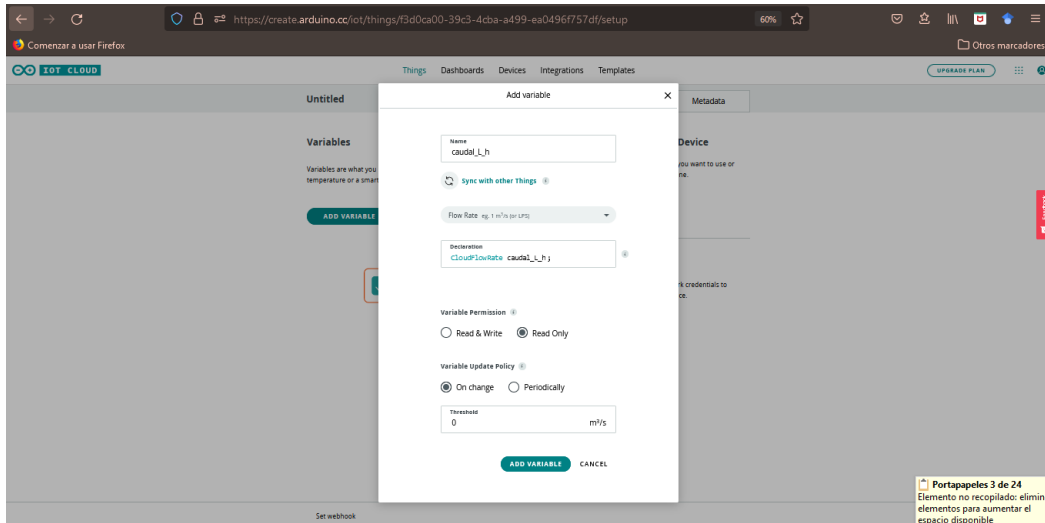


Figura N° 4.6: Creación de variable Caudal

En tanto, para la variable asociada a la turbidez como se muestra en la Figura 4.7, se denominó otraturb, declarada como variable de tipo entera, con permiso de sólo lectura y política de carga de datos para la variable cuando la misma experimente cambios.

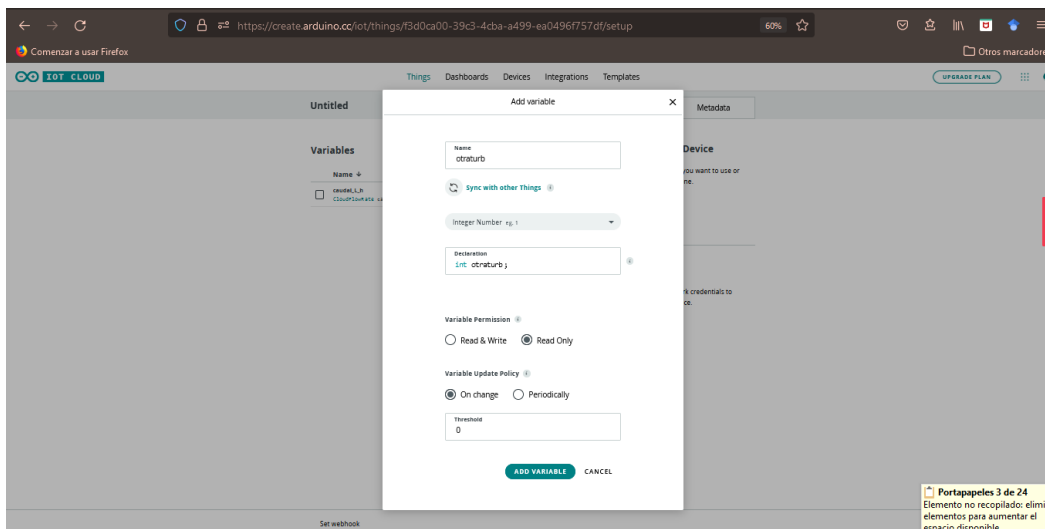


Figura N° 4.7: Creación de Variable para Turbidez

De esta forma, como se aprecia en la figura 4.8 se crearon dos variables que conforman parte de las Things. Es de señalar que, sin declaración de variables no es posible crear algún proceso en Arduino IoT, al crear dichas variables se generó automáticamente en un archivo de boceto en el sketch.

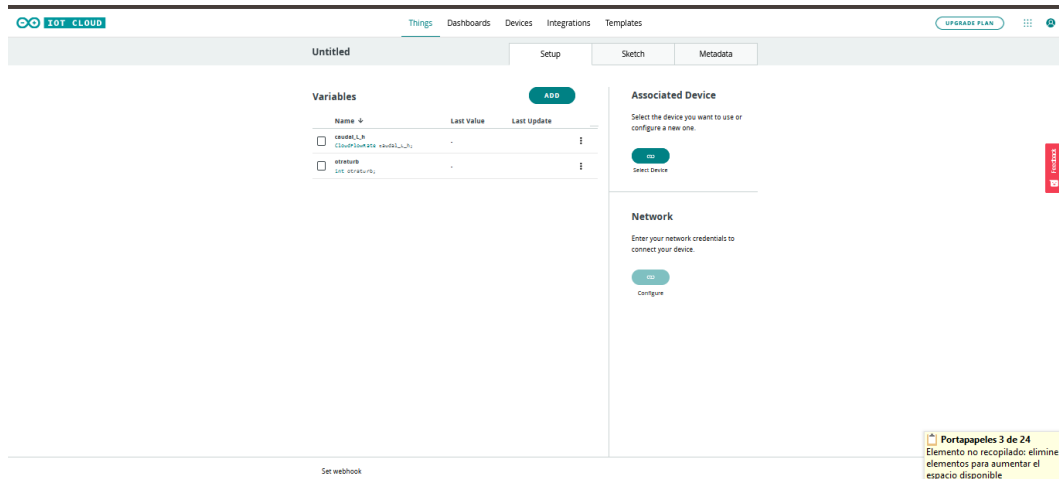


Figura N° 4.8: Variables creadas

A continuación, se configuró la tarjeta de control, que como se aprecia en la Figura 4.9 se dispone en Arduino IoT Cloud de las tarjetas Arduino, así como tarjetas de terceros. Para los efectos de este estudio se empleó una tarjeta de terceros como es la ESP32.

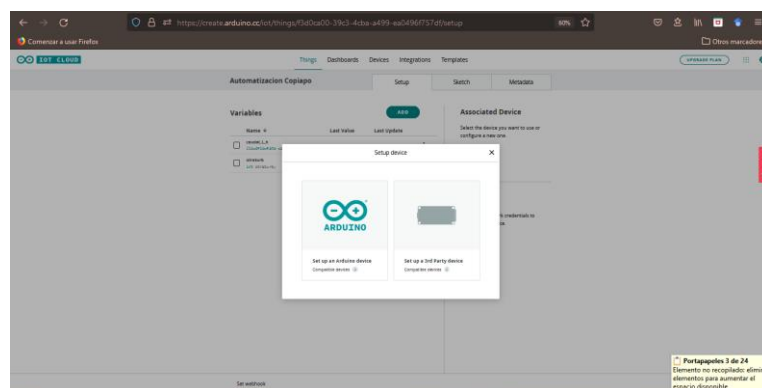


Figura N° 4.9: Selección de tarjeta de terceros

En la figura 4.14 se aprecia que la selección fue ESP32, adicionalmente a ello se solicita seleccionar de un listado ofrecido el modelo de ESP32 a emplear, la cual fue ESP32 DevKit, se basa en el microcontrolador ESP32 que cuenta con soporte Wifi, Bluetooth, Ethernet y Baja potencia, todo en un solo chip.

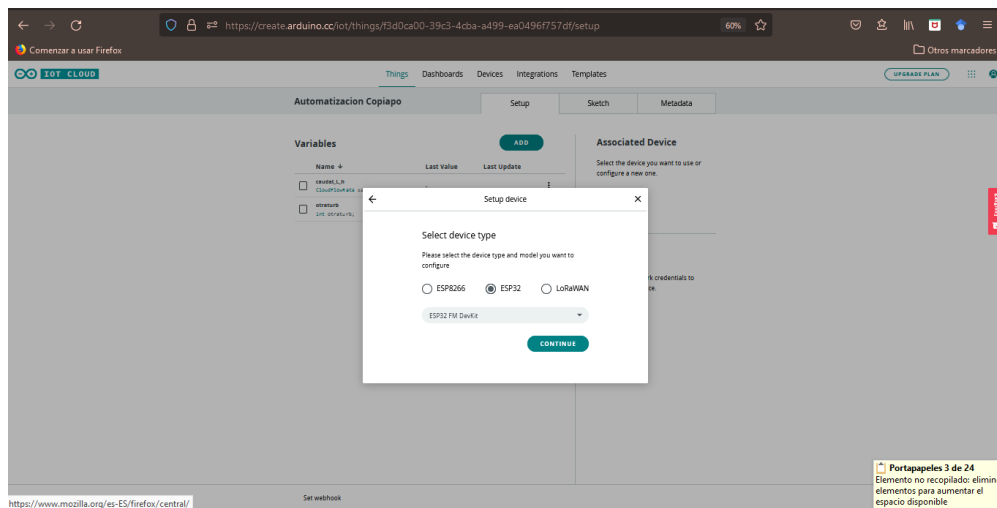


Figura N° 4.10: Selección de tarjeta ESP32

En este sentido, se seleccionó la tarjeta para el circuito mostrado en la Figura N°2.1, que a su vez el sistema de la nube como se aprecia en la Figura 3.11 le asigna un nombre, Jarrie en este caso (pudo ser editado y colocar otro). Así, para la configuración del circuito físico con la nube se debe instalar Arduino Agent.

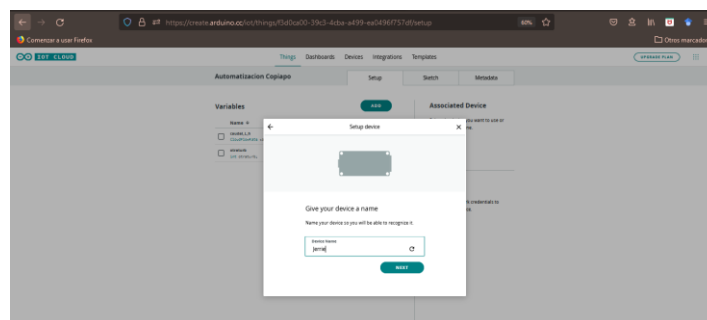


Figura N° 4.11: Asignación de nombre al Device

De manera que, al configurar adecuadamente el device se generó un documento con los datos de la tarjeta y una clave, por lo cual como se muestra en la Figura N° 4.12 fue necesario guardar dicha clave por lo cual se descargó el documento PDF.

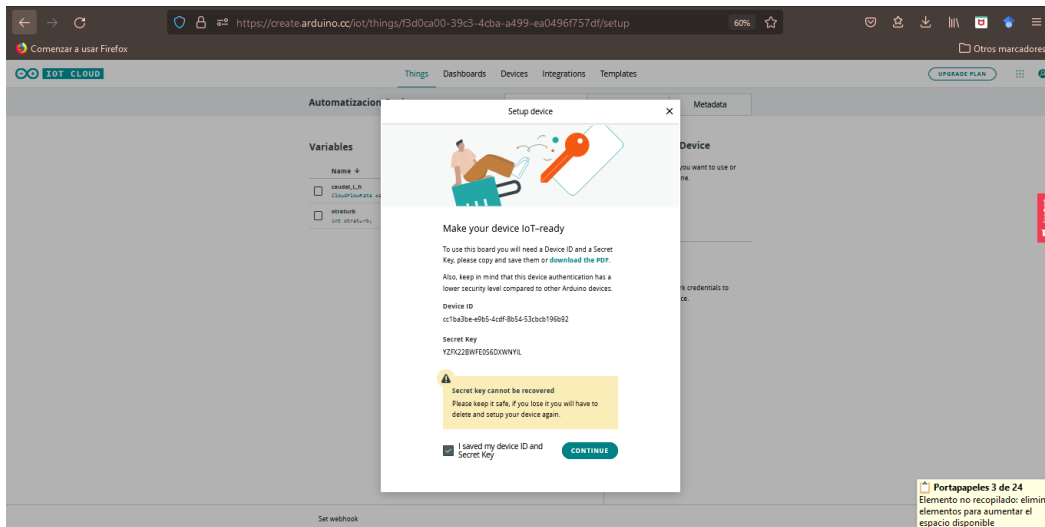


Figura N° 4.12: Generación de clave del Device

Inmediatamente, al confirmar que se ha guardado la clave del Device se muestra la información del mismo, donde se aprecia que el Device configurado se encuentra asociado al Things Automatización Copiapó, junto a la identificación, tipo, modelo y fecha de creación.

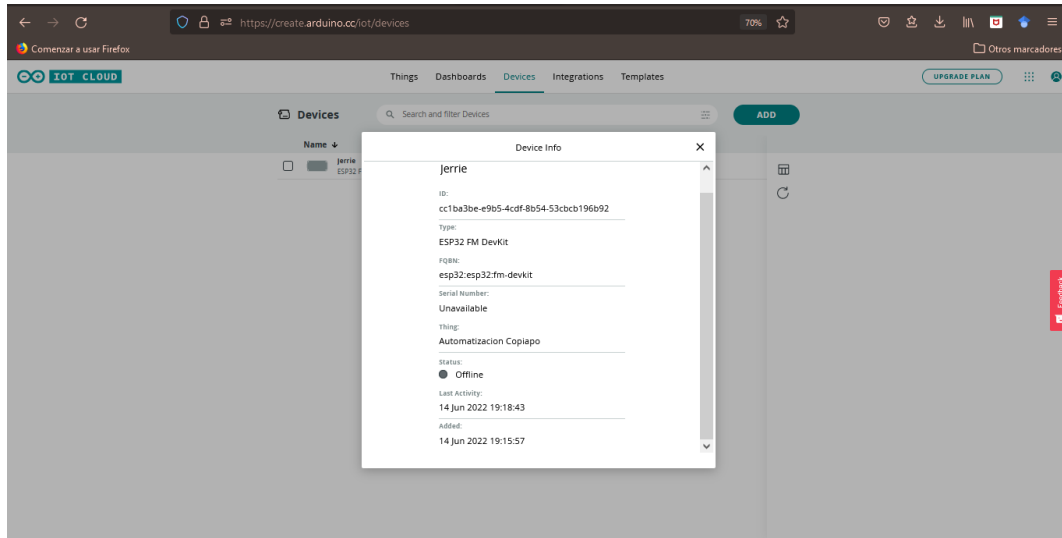


Figura N° 4.13: Datos del Device

Así, en la Figura N° 4.14 se aprecia en el tablero de las Things que el Device jerrie se encuentra configurado, pero fuera de línea. Es de señalar que, el Device se encontrará en línea cuando se conecte vía usb el circuito de la Figura N° 2.1 con la Nube.

Cabe destacar que, en esta investigación se hará una simulación para verificar el funcionamiento del sistema diseñado, así como su costo, por lo cual no se hizo la compra de los equipos ni su configuración física.

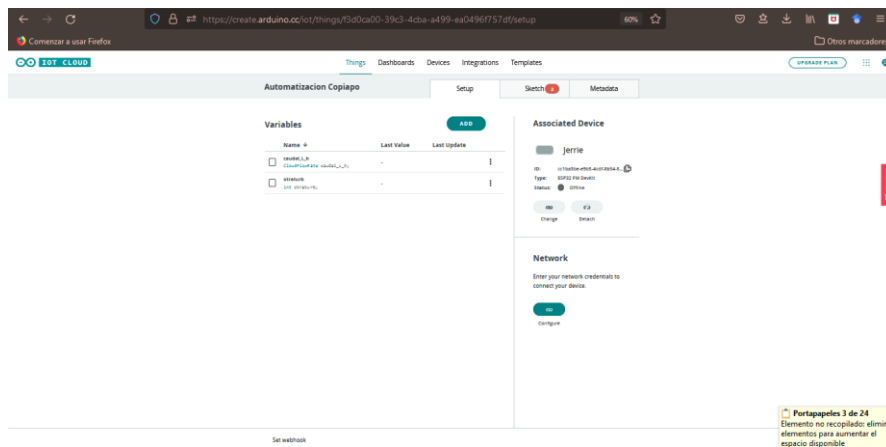


Figura N° 4.14: Device creado

Por otra parte, las Things también requirió la configuración de la red bajo la cual trabajará. En la Figura N°4.15 se aprecia que fue necesario indicar el nombre de la red, la clave de acceso a la red y la clave secreta de jarrie.

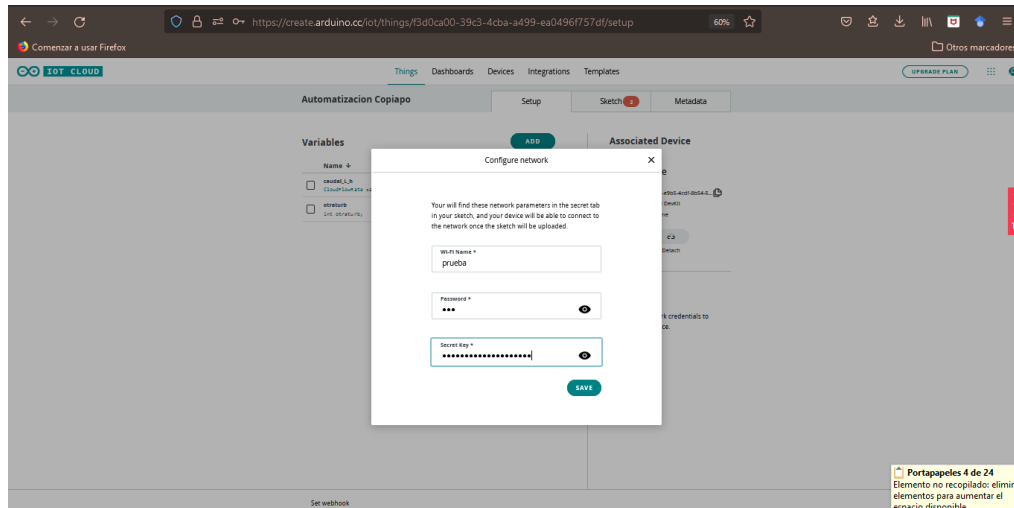


Figura N° 4.15: Configuración de la red de trabajo

En este orden de ideas, las Things quedaron configuradas, es decir el Device quedó configurado y vinculado a las variables declaradas, así como a la red de trabajo como se aprecia en la Figura N°4.6. De manera que, las cosas fueron creadas con éxito, dejando todos disponible para codificar el sistema.

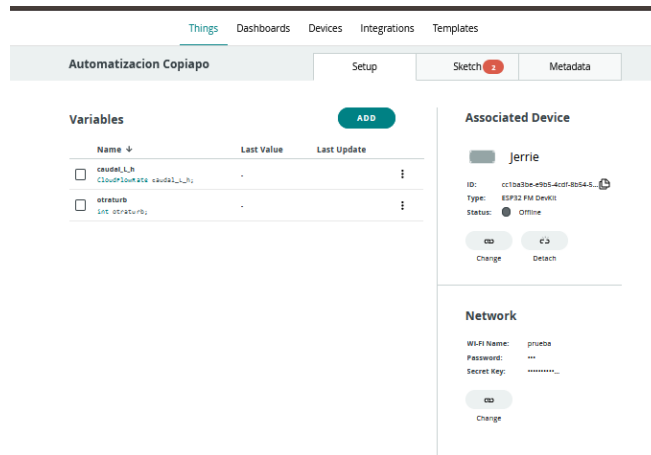


Figura N° 4.16: Vinculación de Device, Red de trabajo y Variables

Sketch. El sketch comprende los códigos de configuración para la operación del sistema mediante el Device enlazado a las variables declaradas. Cuando se declararon dichas variables y configuró el Device Arduino IoT Cloud se generó un automático un patrón de código en la sección denominada sketch, declarando variables, llamados a la nube, así como otros elementos propios de la comunicación circuito y nube.

Sin embargo, como se aprecia en la Figura N° 4.17, los detalles específicos de operación del sistema en función del Sensor de Caudal y Sensor de Turbidez, son agregados al patrón generado, de manera que se completa el código. Por tanto, se establecieron una serie de comandos de programación que le dicen microcontrolador ESP32 como configurarse al iniciarse y qué acciones tiene que realizar mientras esté en funcionamiento.

```
1 /*
2  Sketch generated by the Arduino IoT Cloud Thing "Automatizacion Copiapo"
3  https://create.arduino.cc/cloud/things/f3d0ca00-39c3-4cba-a499-ea0496f757df
4
5  Arduino IoT Cloud Variables description
6
7  The following variables are automatically generated and updated when changes are made to the Thing
8
9  CloudFlowRate caudal_L_h;
10 int otraturb;
11
12 Variables which are marked as READ/WRITE in the Cloud Thing will also have functions
13 which are called when their values are changed from the Dashboard.
14 These functions are generated with the Thing and added at the end of this sketch.
15 */
16
17 #include "thingProperties.h"
18
19 void setup() {
20   // Initialize serial and wait for port to open:
21   Serial.begin(9600);
22   // This delay gives the chance to wait for a Serial Monitor without blocking if none is found
23   delay(1500);
24 }
```

Figura N° 4.17: Sketch

Luego de elaborado el código totalmente, se realiza el proceso de verificación del mismo como se aprecia en la Figura N° 4.18, donde los errores detectados en la lógica de codificación fueron detectados y corregidos.

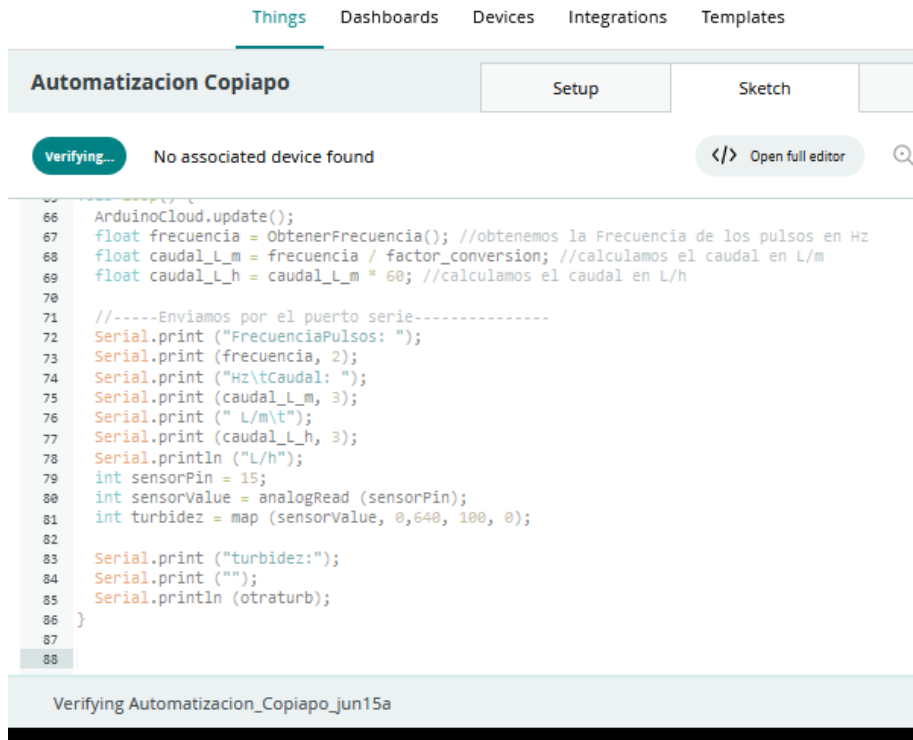


Figura N° 4.18: Proceso de verificación

A su vez, al finalizar el proceso de verificación de manera satisfactoria se muestra en color verde el reporte como se muestra en la Figura N° 4.19, así el sketch del sistema para Automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Rio Copiapo, fue validado como correcto y funcional.

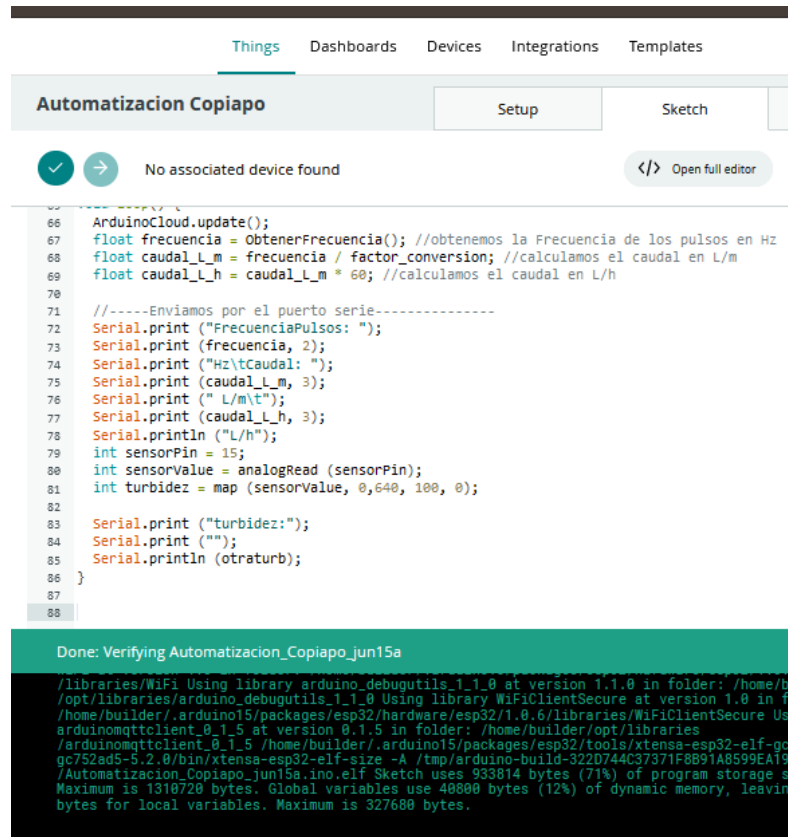


Figura N° 4.19: Código verificado

4.1.2 Dashboards

Como se aprecia en la Figura N° 4.23, fue necesario elaborar el Dashboards, en esta sección se adicionan los elementos que sirven de instrumentos para visualizar los datos enviados a la nube, para ello es necesario seleccionar el tipo de elemento en función de las variables a describir, a continuación se muestra la creación del dashboard (nombre propio que le asigna arduino iot cloud a la creación y uso del tablero para mostrar datos.

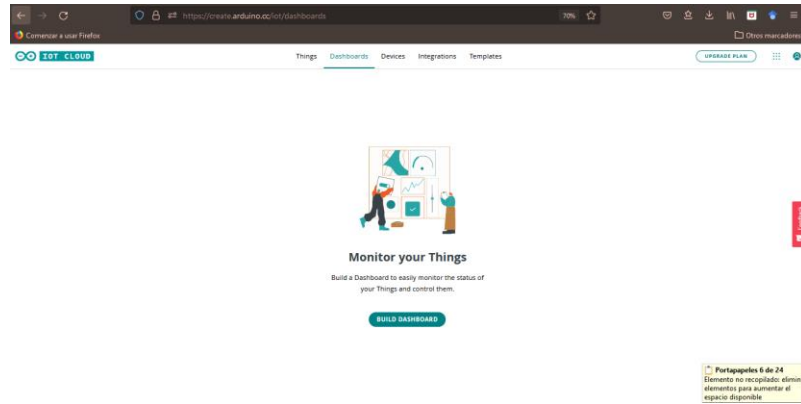


Figura N° 4.20: Creación de Dashboards

Para ello existen dos modos, el de visualización y el de diseño o edición, en la Figura N° 4.21 se aprecia el modo de edición, donde se le dio nombre al Dashboard de Caudal y Turbidez.

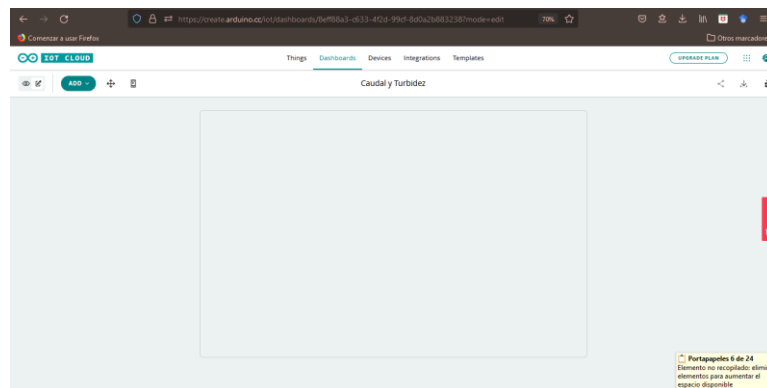


Figura N° 4.21: Denominación del Dashboards

Así, bajo el modo de edición se agregaron los instrumentos necesarios mediante el botón ADD de acuerdo a la Figura N° 4.22, donde existen variedad de opciones de las cuales se seleccionaron gráficos de línea para el historial de caudal y turbidez, así como un indicador de aguja para el valor en tiempo real del caudal y turbidez.

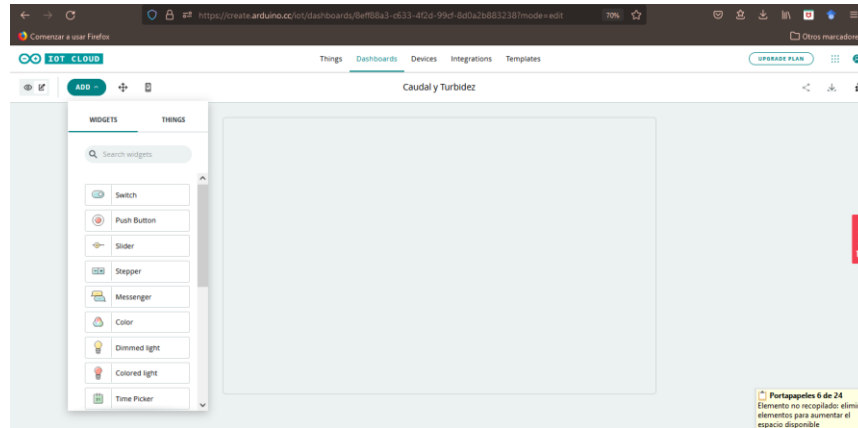


Figura N° 4.22: Adición de instrumentos para visualización de datos

De esta forma, en la Figura N° 4.23 se aprecian los instrumentos creados, es de señalar que los datos mostrados son de ejemplo, sin embargo, los rangos de medición mostrados son los reales. En el caso del Caudal, el mínimo y máximo se estipuló en función de la data obtenida del Comité de vigilancia del río, a su vez el máximo y mínimo de turbidez se fijó entre 0 y 100, siendo cero cristalino y 100 turbio, donde las medidas intermedias de acuerdo a la proximidad con los límites declarados son indicativos de la turbidez del agua.

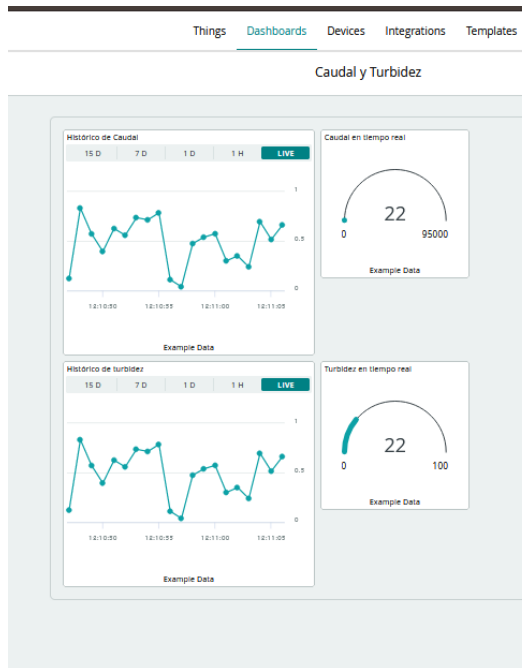


Figura N° 4.23: Instrumentos creados con dashboards en modo de edición

En la Figura N° 4.24 se aprecia cómo se enlazaron los instrumentos a las variables declaradas, donde el gráfico de histórico de caudal fue vinculada a la variable Caudal_L_h y así con los otros instrumentos y variable.

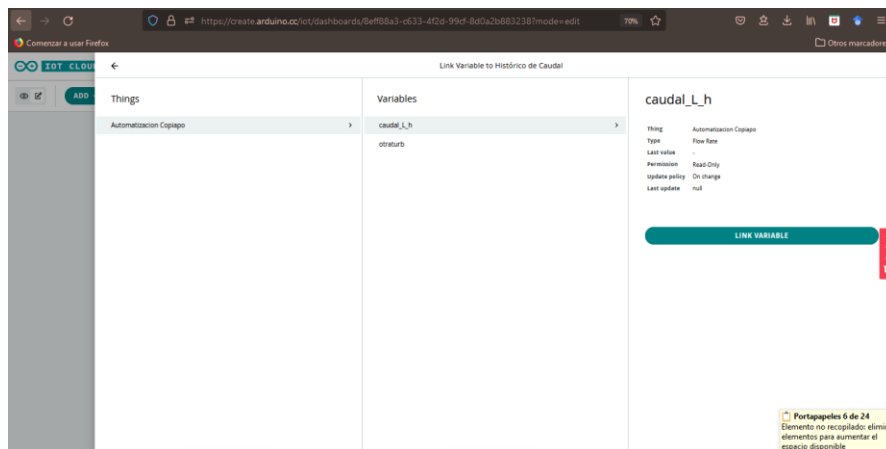


Figura N° 4.24: Vinculación de variables

De manera que, configurado los instrumentos del Dashboard se presenta la Figura N° 4.25 en modo visualización, donde se muestran los datos enviados desde el circuito físico a la nube y a su vez se puede descargar la data histórica ofrecida por la nube.

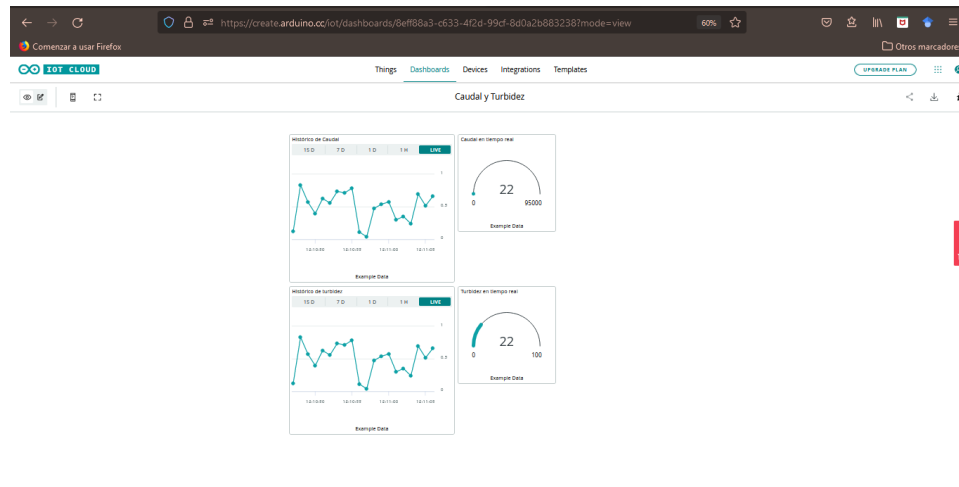


Figura N° 4.25: Modo visualización

Finalmente, el dashboard queda registrado bajo la denominación de caudal y turbidez, de manera que con lo hasta ahora expuesto se pudo automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Rio Copiapó.

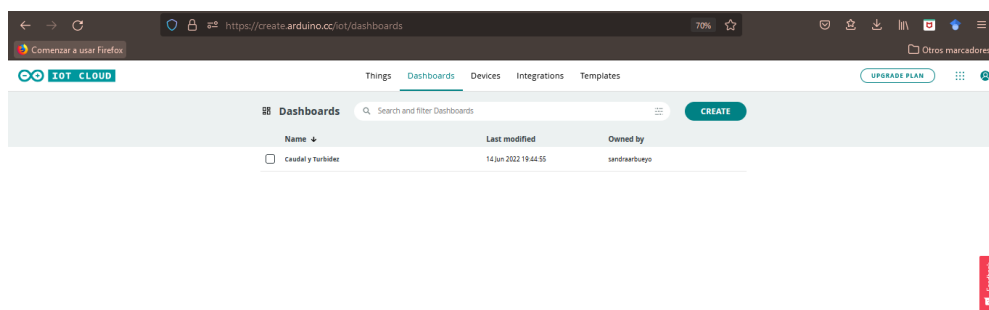


Figura N° 4.26: Dashboards creado

4.2 Visualización de datos en el móvil

Para acceder a los datos del sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Rio Copiapó, se debió tener instalado en el teléfono celular la aplicación de Arduino IoT Cloud e ingresar con los datos de la cuenta como correo y contraseña. En este punto, se visualizó el dashboard creado y denominado como caudal y turbidez como se aprecia en la Figura N° 4.27, en este caso sólo se cuenta con un dashboard.

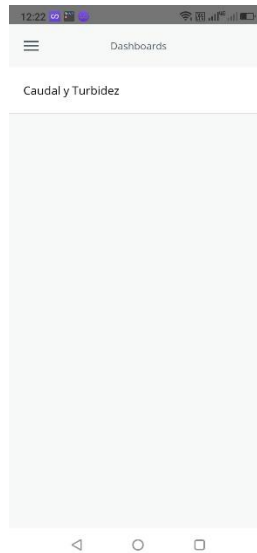


Figura N° 4.27: Dashboard en el Móvil

Como se aprecia en la Figura N° 4.28, lo anteriormente programado en el Arduino IoT Cloud se visualiza en la aplicación del móvil y se actualiza en tiempo real, lo que presenta un aporte relevante para la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Rio Copiapó.

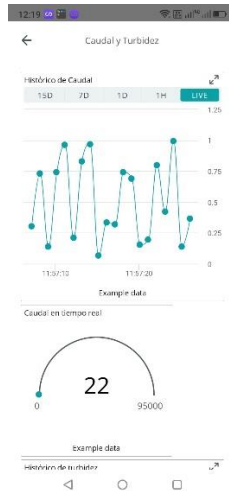


Figura N° 4.28: Datos registrados y visualizados desde el móvil

La interfaz de la aplicación permite como se muestra en la Figura N° 4.29, ampliar los gráficos y visualizar el histórico en puntos específicos del tiempo.



Figura N° 4.29: Ampliación de gráficos

4.3 Envío de datos

Para efectos de verificar el proceso de envío de datos de acuerdo al sketch verificado en Arduino IoT Cloud, se efectuó una simulación muy básica en el simulador de Arduino

WokWi, el cual cuenta con la tarjeta ESP32 como se aprecia en la Figura 4.30, esta plataforma permite iniciar el diseño de proyecto de simulación con base a la tarjeta.

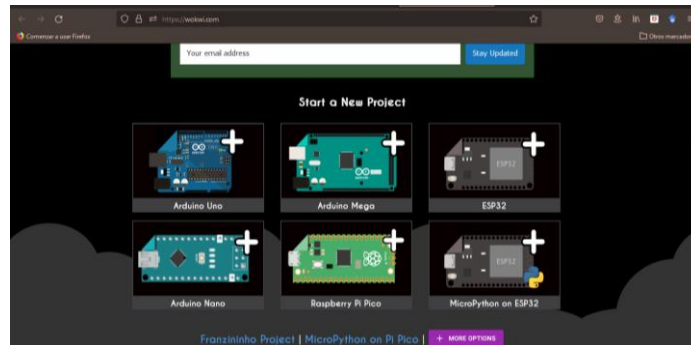


Figura N° 4.30: Wokwi

La Figura N° 4.31 muestra el área de trabajo, a la izquierda se ve el espacio de sketch, mientras del lado derecho en la parte superior se muestra el entorno gráfico donde se adicionaron dos elementos análogos que simulan al sensor de turbidez y al de caudal, conectados en ambos casos con los cables negros y rojos a la tierra y corriente respectivamente, mientras el cable verde se conectó al pin 15 y el amarillo al pin 12 donde se recibe la señal de cada sensor.

En la misma figura, se aprecia en la parte derecha inferior, los datos que se visualizaron durante la simulación, se debe resaltar que el led rojo indica que la tarjeta ESP32 está encendida. Al mover la aguja del instrumento que simula al sensor de turbidez se aprecia como varía la misma de 100 a 86 y luego a 98.

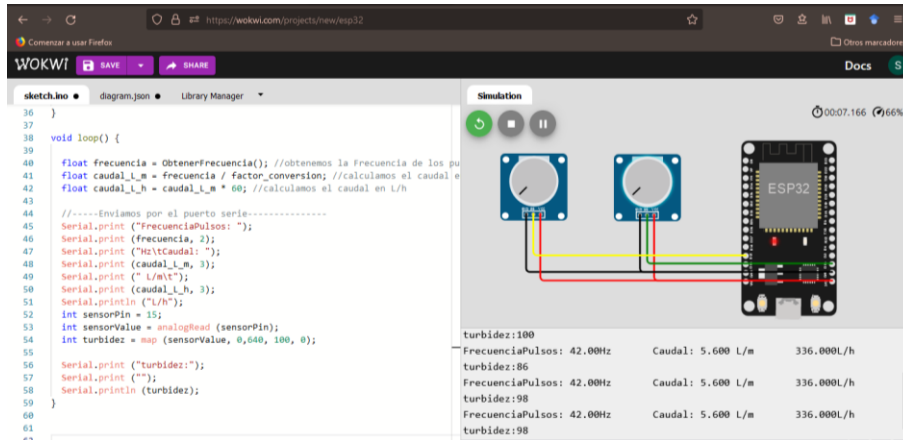


Figura N° 4.31: Simulación activa

De esta forma, la simulación permitió verificar que técnicamente el circuito aunado a la programación diseñada en el sketch del Arduino IoT Cloud, funcionan permitiendo proponerlo como recurso para automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Rio Copiapó. En la figura N° 4.32 se aprecia que el led de la tarjeta ESP32 está apagado, por lo cual la simulación finalizó, sin embargo, para comenzar de nuevo sólo se debe accionar el ícono verde.

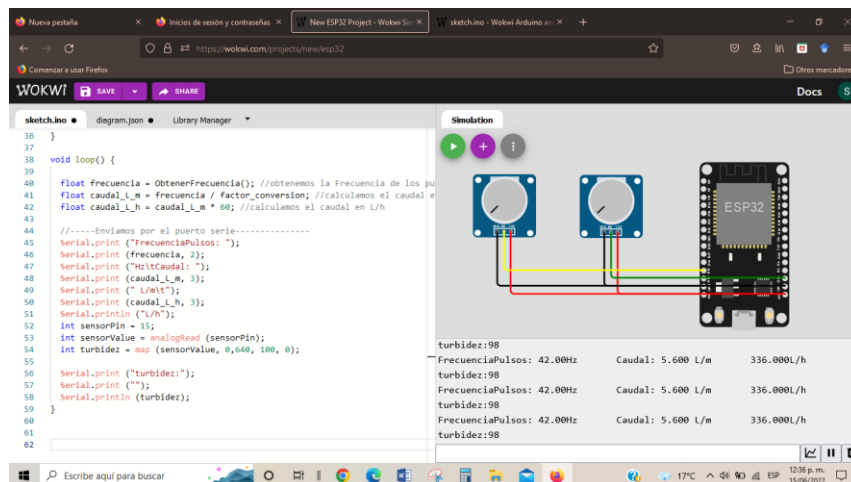


Figura N° 4.32: Simulación detenida

A su vez la plataforma Wokwi, permite guardar la simulación como un proyecto que puede ser accionado en cualquier momento como se muestra en la Figura N° 4.33

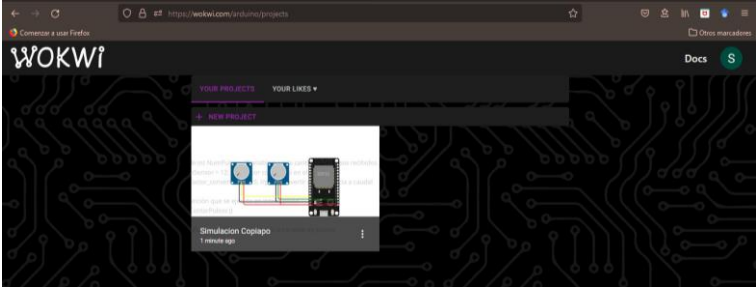


Figura N° 4.33: Proyecto guardado

CAPITULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Es de señalar, como aspecto relevante para este estudio que la Junta de Vigilancia del Rio Copiapó, no es una institución con fines de lucro por lo cual sus fondos para proyectos son producto del financiamiento de entes públicos y privados, en este sentido, se presentan los costos asociados a la implementación del presente proyecto en el rio Copiapó.

5.1 Evaluar económicamente la mejora

En aras de evaluar económicamente el proyecto para automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Rio Copiapó, se consideran los componentes expuestos en la tabla N° 5.1 de equipos y componentes, así como el Arduino IoT Cloud que para los efectos con la versión gratuita es suficiente, también se destaca que el embalse de Lautaro donde se tomarán los datos de caudal y turbidez posee red de internet.

Así, los costos asociados al proyecto de carácter social para el mencionado proyecto de automatización se detallan en la tabla N° 5.1, los cuales resultaron de un proceso de cotización y cuyas fuentes se encuentran en el Anexo C.

Tabla N° 5.1: Costos para implementación de sistema automático experimental

Equipo/componente	Cantidad	Costo unitario	Costo total
BreadBoard - Half Size	1	\$ 3.490,00	\$ 3.490,00
ESP32 DEVKIT V1	1	\$ 10.900,00	\$ 10.900,00
Lithium Polymer Battery - 3.7v	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
Resistor	3	\$ 200,00	\$ 600,00
USB micro-B Cable - 6 Foot	1	\$ 7.392,00	\$ 7.392,00

Lipo Battery Charger Module 3.7v Step Up to 5v	1	\$ 15.158,00	\$ 15.158,00
Jumper Wires Pack - M/M	1	\$ 5.690,00	\$ 5.690,00
Jumper Wires Pack - M/F	1	\$ 5.690,00	\$ 5.690,00
Arduino YF-S201 (Caudalímetro)	1	\$ 7.990,00	\$ 7.990,00
Sen0189 Sensor de turbidez	1	\$ 37.965,00	\$ 37.965,00
Mano de obra	1	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
		Total	\$ 700.875,00

5.2 Simulación de ingresos

Teniendo como fuente a la propia JVRC (2022), en los últimos diez años, la JVRC ha gestionado y logrado materializar proyectos por un monto de \$11.535.407.739 con recursos públicos y privados, mejorando canales históricos e incluso corrigiendo errores del pasado implementando sistemas de telecontrol a distancia y protocolos de operación para resguardar la seguridad civil en caso de emergencias o aumentos considerables de precipitaciones abundantes, como las ocurridas en marzo de 2015 y en mayo de 2017, donde mantener caudales descontrolados solo provocaría que los agricultores, socios, y dueños de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales no puedan tener acceso al vital recurso y daños a la propiedad privada.

Con base en lo anterior, se estimó con $\mu = \$11.535.407.739$ que $p(x \geq \$700.875,00) = 1$ para los próximos 10 años ello significa el 100% de probabilidad de contar con fondos en ese tiempo, sin embargo, considerando $\mu = 1.153.540.773,9$ que sería el promedio de ingreso de un año, la $p(x \geq \$700.875,00) = 1$, por tanto, se considera una probabilidad del 100% que se contará con ingresos para la implementación del proyecto (las probabilidades fueron calculadas con la distribución de Poisson mediante Spss como se aprecia en el anexo D).

Por otro lado, considerando una asignación de las donaciones para el proyecto de \$384.513.591,30, a su vez se muestra el flujo de caja en la tabla 5.2.

Tabla N° 5.2: Flujo de caja

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas (+)		384.513.591,30	384.513.591,30	384.513.591,30	384.513.591,30	384.513.591,30
Costos de venta (-)		\$ 329.213.634,75	\$ 330.859.702,92	\$ 332.514.001,44	\$ 334.176.571,45	\$ 335.847.454,30
Gastos administrativos		\$ 217.200.000,00	\$ 218.286.000,00	\$ 219.377.430,00	\$ 220.474.317,15	\$ 221.576.688,74
Gastos de operaciones		\$ 99.000.192,00	\$ 99.495.192,96	\$ 99.992.668,92	\$ 100.492.632,27	\$ 100.995.095,43
Gastos financieros		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Mantenimiento		\$ 9.600.000,00	\$ 9.648.000,00	\$ 9.696.240,00	\$ 9.744.721,20	\$ 9.793.444,81
Depreciación		\$ 3.348.401,25	\$ 3.365.143,26	\$ 3.381.968,97	\$ 3.398.878,82	\$ 3.415.873,21
Seguros		\$ 65.041,50	\$ 65.366,71	\$ 65.693,54	\$ 66.022,01	\$ 66.352,12
Utilidad operativa		\$ 55.299.956,55	\$ 53.653.888,38	\$ 51.999.589,86	\$ 50.337.019,85	\$ 48.666.137,00
Gastos financieros (-)		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad antes de impuesto		\$ 55.299.956,55	\$ 53.653.888,38	\$ 51.999.589,86	\$ 50.337.019,85	\$ 48.666.137,00
Impuesto 27% (-)		\$ 14.930.988,27	\$ 14.486.549,86	\$ 14.039.889,26	\$ 13.590.995,36	\$ 13.139.856,99
Utilidad		\$ 40.368.968,28	\$ 39.167.338,51	\$ 37.959.700,60	\$ 36.746.024,49	\$ 35.526.280,01
Depreciación		\$ 3.348.401,25	\$ 3.365.143,26	\$ 3.381.968,97	\$ 3.398.878,82	\$ 3.415.873,21
Activos fijos	\$ 1.500.875,00					
Capital de trabajo	\$ 253.529.570,79					
Devolución capital de trabajo						\$ 253.529.570,79
Valor residual						\$ 12.676.478,54
Venta						\$ 1.500.875,00
Flujo de caja	\$ 255.030.445,79	\$ 43.717.369,53	\$ 42.532.481,77	\$ 41.341.669,57	\$ 40.144.903,31	\$ 306.649.077,55
					VPN	\$ 68.748.497,12
					TIR	17%

Los indicadores financieros muestran valores muy favorables, pero debe aclararse que este es así, porque se habla de un proyecto sin fines de lucro donde no existe retorno real de la inversión, siendo el Valor presente neto (VPN) \$68.748.497,12, la Tasa interna de retorno (TIR) 17%, y el periodo de recuperación o Pay Back en el año 5.

CONCLUSIONES

El empleo del Arduino IoT Cloud en automatizar el sistema de medición de caudal y turbidez del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Río Copiapó, resultó una aplicación de la ingeniería 4.0 de bajo costo y de aplicación técnica sencilla, aspectos relevantes para un proyecto de tipo social como este.

Se Indagó la tecnología de hardware y software disponibles para medición de caudal y calidad del agua mediante Arduino IoT Cloud y WokWi, para lo cual se seleccionaron los sensores Arduino YF-S201 (Caudalímetro) y Sen0189 Sensor de turbidez, cuyas señales son posible enviarla a través de una tarjeta ESP32 con comunicación Wifi disponible en la nube de Arduino y a su vez los datos se representan en instrumentos virtuales accesibles desde un PC o desde un Móvil. A su vez la simulación del sistema fue posible gracias a WoKWi que en su plataforma dispone de la Tarjeta ESP32 permitiendo mostrar la simulación del sketch de la nube Arduino.

Por otro lado, se definió el diseño del sistema automatizado, destacando las conexiones, componentes y variables técnicas necesarias para para medición de caudal y calidad del agua mediante Arduino IoT Cloud, en este sentido se empleó la nube Circuito.io como tecnología Arduino que permitió la esquematización del sistema, detallando los elementos como batería de litio, cargador de la batería, resistencias y demás necesarios para el funcionamiento del sistema en conjunto en aras de medir caudal y turbidez, de esta forma se determinó que la señal a enviar a Arduino IoT Cloud para el caudal, es la frecuencia entregada por el sensor de caudal de manera que en función de ello y la constante 7.5 que da el fabricante se establecieron los cálculos de caudal en el sketch, mientras para la turbidez se envía una señal correspondiente a las unidades nefelométricas de turbidez (NTU), que para efectos de darle significado comparativo se programó en el sketch una equivalencia a 0 para el mínimo y 100 para el máximo es decir turbio.

De esta forma, se pudo simular el sistema de medición de caudal y calidad del agua mediante WokWi, en la pantalla del simulador se visualizaron los datos que especifica el sketch cargado en Arduino IoT Cloud, demostrando que la comunicación entre los sensores y la tarjeta ESP32 permiten el envío de datos en concordancia con el respectivo sketch, logrando así, la verificación del hardware y software.

Finalmente, se evaluó económicamente el sistema de medición de caudal y calidad del agua mediante Arduino IoT Cloud para optimizar la vigilancia de captación de las aguas por parte de la Junta de Vigilancia del Rio Copiapó como alternativa de mejora, determinando que el costo del sistema es bajo en comparación con los ingresos que recibe dicha junta de parte de entes públicos y privados hacia el financiamiento de proyectos para automatización del rio Copiapó. Cabe destacar que, el presente proyecto es de tipo social, ya que, la Junta de Vigilancia es un organismo sin fines de lucro, razón por la cual en este estudio se presentan sólo los costos asociados a la implementación, es decir no generará rentabilidad, por lo cual no se presenta un flujo de caja e indicadores como VPN, TIR o periodo de recuperación.

BIBLIOGRAFÍA

- Assam, Lee. (2019). Learn to use Arduino IoT cloud to build IoT projects. Packt Publishing.
- Brière, F. G., & Pizarro, H. (2005). Distribución de Agua Potable y Colecta de Desagües y de Agua de Lluvia. Presses Internationales Polytechnique.
- Dirección General de Aguas. (2004). Cuenca del río Copiapó. Gob.cl. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Copiapo.pdf>
- Ecuarobot.com. (2021, marzo 24). Medición de la turbidez del agua para determinar la calidad del agua mediante Arduino y el sensor de turbidez. EcuRobot; Ecuarobot.com. <https://ecuarobot.com/2021/03/24/medicion-de-la-turbidez-del-agua-para-determinar-la-calidad-del-agua-mediante-arduino-y-el-sensor-de-turbidez/>
- Junta de vigilancia Río Copiapó. (2022). Velando por la sustentabilidad del recurso hídrico y aportando en la educación de futuras generaciones. Jvrc.cl. <http://jvrc.cl/>
- Mott, R. L., Brito, J. E., & Cárdenas, J. L. (2006). Mecánica de fluidos (6a ed.). Pearson Educación; Prentice Hall.
- Salvador, I. M. (2020, abril 24). Caudalímetro con Arduino YF-S201. Blog Arduino, LabVIEW y Electrónica; electronica made. <https://electronicamade.com/caudalimetro-con-arduino/>
- UNIT. (2022). ESP32 DEVKIT V1 de 30 Pines con Wifi y Bluetooth. UNIT Electronics. <https://uelectronics.com/producto/devkitv1-esp32-modulo-wifi-bluetooth-esp32-arduino/>
- Vega, M. C., Vivas, P. O., Rios, C. M., Luis, C. G., Martín, B. C., & Seco, A. H. (2015). Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada: Internet of things. EOI Escuela de Organización Industrial.
- Villar, M. (2021, mayo 12). Ventajas y características de los chips ESP32. Tecnología10. <https://tecnologia10.top/ventajas-y-caracteristicas-de-los-chips-esp32/>

ANEXO A

CURVAS DE AFORADORES PARSHALL

Cargante Pulsado	Caudal en Litros por Segundo Q [L/S]					
	3"	6"	9"	12"	18"	48"
1	0,1	0,3	0,5	0,6	0,9	2,1
2	0,4	0,8	1,3	1,8	2,6	6,2
3	0,8	1,5	2,5	3,3	4,8	11,7
4	1,2	2,4	3,9	5,1	7,5	18,4
5	1,7	3,4	5,5	7,2	10,5	26,1
6	2,3	4,5	7,2	9,5	13,9	34,9
7	2,9	5,7	9,2	12,1	17,7	44,5
8	3,5	7,0	11,2	14,8	21,7	54,9
9	4,3	8,5	13,4	17,7	26,0	66,1
10	5,0	10,0	15,8	20,8	30,6	78,1
11	5,8	11,7	18,3	24,0	35,4	90,7
12	6,6	13,4	20,9	27,4	40,5	104,1
13	7,5	15,2	23,6	31,0	45,8	118,1
14	8,4	17,1	26,4	34,7	51,3	132,7
15	9,4	19,0	29,4	38,5	57,1	148,0
16	10,4	21,1	32,4	42,5	63,0	163,9
17	11,4	23,2	35,6	46,6	69,2	180,3
18	12,4	25,4	38,8	50,8	75,6	197,3
19	13,5	27,6	42,2	55,2	82,1	214,9
20	14,6	30,0	45,6	59,6	88,8	233,0
21	15,8	32,4	49,2	64,2	95,8	251,7
22	17,0	34,8	52,8	69,0	102,9	270,9
23	18,2	37,4	56,5	73,8	110,2	290,5
24	19,4	40,0	60,3	78,7	117,8	310,7
25	20,7	42,6	64,2	83,8	125,2	331,4
26	22,0	45,4	68,2	88,9	133,0	352,6
27	23,3	48,2	72,2	94,2	141,0	374,2
28	24,6	51,0	76,4	99,5	149,1	396,2
29	26,0	53,8	80,6	105,0	157,3	418,9
30	27,4	56,9	84,9	110,6	165,8	441,9
31	28,8	59,9	89,2	116,2	174,3	465,3
32	30,3	63,0	93,7	122,0	183,1	489,3
33	31,8	66,1	98,2	127,8	191,9	513,6
34	33,3	69,3	102,8	133,6	200,9	538,4
35	34,8	72,6	107,4	139,6	210,1	563,6
36	36,3	75,9	112,2	145,9	219,4	589,2
37	37,9	79,2	117,0	152,1	228,9	615,2
38	39,5	82,6	121,8	158,4	238,4	641,7
39	41,1	86,1	126,6	164,8	248,2	668,5
40	42,8	89,6	131,8	171,3	258,0	695,8
41	44,4	93,2	136,8	177,9	268,0	723,4
42	46,1	96,8	142,0	184,5	278,1	751,4
43	47,8	100,5	147,2	191,2	288,4	779,9
44	49,6	104,2	152,5	198,0	298,7	808,7
45	51,3	108,0	157,8	204,9	309,2	837,9
46	53,1	111,8	163,2	211,9	319,9	867,4
47	54,9	115,6	168,7	219,0	330,8	897,4
48	56,7	119,5	174,2	226,1	341,5	927,7
49	58,5	123,5	179,8	233,2	352,5	958,4
50	60,4	127,5	185,4	240,5	363,6	989,4
51			191,1	247,9	374,9	1,020,8
52			196,9	255,4	386,3	1,052,6
53			202,7	262,9	397,7	1,084,7
54			208,6	270,5	409,3	1,117,2
55			214,5	278,1	421,1	1,150,0
56			220,5	285,8	432,9	1,183,2
57			226,6	293,7	444,8	1,216,7
58			232,7	301,5	456,9	1,250,5
59			238,8	309,5	469,1	1,284,7
60			245,0	317,5	481,3	1,319,3
61			251,3	325,6	493,7	1,354,1
62			257,7	333,8	506,2	1,389,3
63			264,0	342,0	518,9	1,424,9
64			270,5	350,3	531,6	1,460,7
65			277,0	358,6	544,4	1,496,9
66			283,5	367,1	557,3	1,533,4
67			290,1	375,6	570,4	1,570,2
68			296,8	384,1	583,5	1,607,3
69			303,5	392,6	596,8	1,644,8
70			310,2	401,5	610,1	1,682,6
71			317,0	410,2	623,6	1,720,7
72			323,9	419,1	637,1	1,759,1
73			330,8	427,9	650,8	1,797,8
74			337,8	436,9	664,8	1,836,8
75			344,8	445,9	678,4	1,876,1

ANEXO B

REGISTROS DEL EMBALSE LAUTARO

Registros del Embalse Lautaro & Otros

Encargado de tomar los registros del Embalse
 Felipe Pino
 Luis Yáñez
 Encargado de tabulación: Secretaría JVRC
 Mes Junio



Periodo 2022			
Día	Altura	Volumen	% Capacidad actual
	Llavesano	m ³	
1	12,28	1.313.645	5,76
2	12,31	1.343.195	5,89
3	12,34	1.372.745	6,02
4	12,38	1.414.446	6,21
5	12,42	1.456.915	6,39
6	12,46	1.499.383	6,58
7	12,49	1.531.234	6,72
8	12,52	1.563.085	6,86
9	#N/A	#N/A	#N/A
10	#N/A	#N/A	#N/A
11	#N/A	#N/A	#N/A
12	#N/A	#N/A	#N/A
13	#N/A	#N/A	#N/A
14	#N/A	#N/A	#N/A
15	#N/A	#N/A	#N/A
16	#N/A	#N/A	#N/A
17	#N/A	#N/A	#N/A
18	#N/A	#N/A	#N/A
19	#N/A	#N/A	#N/A
20	#N/A	#N/A	#N/A
21	#N/A	#N/A	#N/A
22	#N/A	#N/A	#N/A
23	#N/A	#N/A	#N/A
24	#N/A	#N/A	#N/A
25	#N/A	#N/A	#N/A
26	#N/A	#N/A	#N/A
27	#N/A	#N/A	#N/A
28	#N/A	#N/A	#N/A
29	#N/A	#N/A	#N/A
30	#N/A	#N/A	#N/A

Registro JVRC	
Ingreso Est. Pastillo	Descarga Est. Lautaro
Q [l/s]	Q [l/s]
770	480
820	480
1.020	480
1.020	480
920	480
920	480
920	480
920	480

Registro JVRC				
Alorador JVRC 3	Alorador JVRC 2	Alorador JVRC 1	Pozo El Checo	Agua Desalinizada
Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]
291	214	-	44,44	100
290	233	-	44,44	100
295	230	-	44,44	100
295	245	-	44,44	100
300	170	155	44,44	100
300	245	190	44,44	100
315	233	190	44,44	100
315	233	190	44,44	100

Promedios	12,40
-----------	-------

913,75	480,00
--------	--------

300,13	225,38	90,63	44,44	100,00
--------	--------	-------	-------	--------

* Datos tomados por celadores durante la mañana de cada día

Ingreso Est. Pastillo	Descarga Est. Lautaro
Q [l/s]	Q [l/s]
0,77	0,48
0,82	0,48
1,02	0,48
1,02	0,48
0,92	0,48
0,92	0,48
0,92	0,48
0,92	0,48

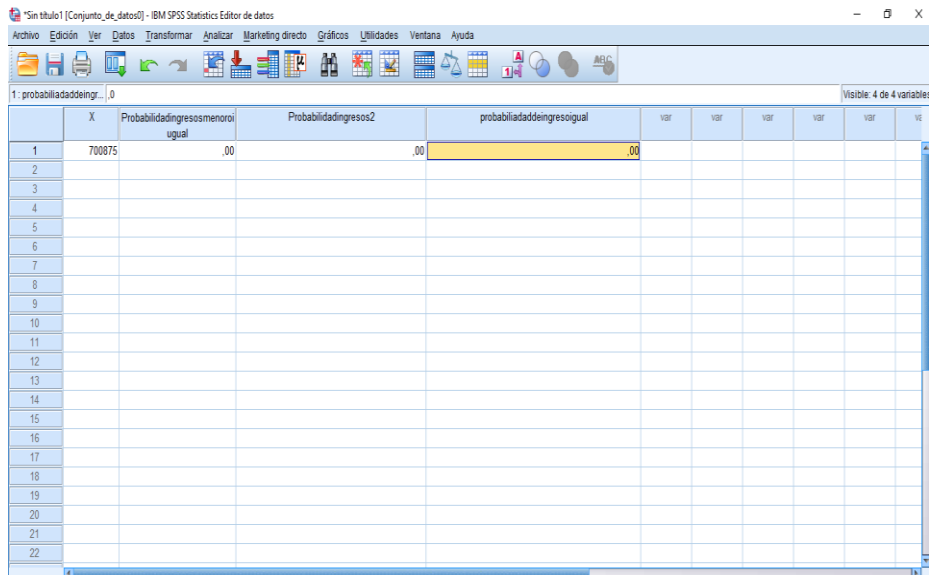
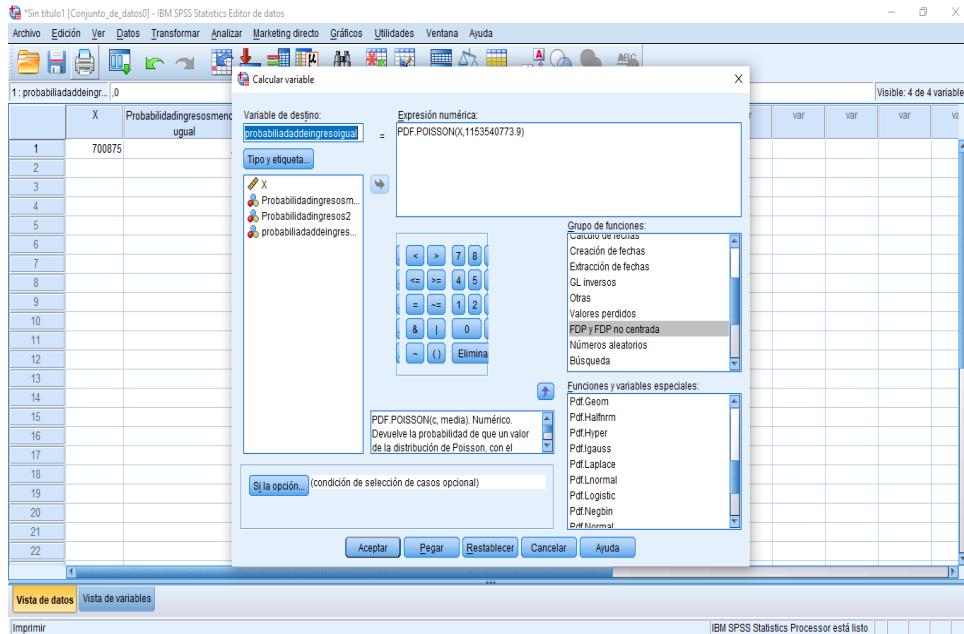
ANEXO C
COTIZACIONES

LISTA DE PÁGINAS DE COTIZACIÓN

Equipo/componente	**Página web
BreadBoard - Half Size	https://listado.mercadolibre.cl/breadboard#D[A:BreadBoard]
ESP32 DEVKIT V1	https://listado.mercadolibre.cl/esp32-devkit-v1#D[A:ESP32%20DEVKIT%20V1]
Lithium Polymer Battery - 3.7v	https://listado.mercadolibre.cl/lithium-polymer-battery-3.7v#D[A:Lithium%20Polymer%20Battery%20-%203.7v]
Resistor	https://listado.mercadolibre.cl/resistencia-omios#D[A:resistencia%20omios]
USB micro-B Cable - 6 Foot	https://listado.mercadolibre.cl/usb-micro-b-cable-6-foot#D[A:USB%20micro-B%20Cable%20-%206%20Foot]
Lipo Battery Charger Module 3.7v Step Up to 5v	https://listado.mercadolibre.cl/lipo-battery-charger-module-3.7v-step-up-to-5v#D[A:Lipo%20Battery%20Charger%20Module%203.7v%20Step%20Up%20to%205v]
Jumper Wires Pack - M/M	https://listado.mercadolibre.cl/jumper-wires-pack-m%20m#D[A:Jumper%20Wires%20Pack%20-%20M/M]
Jumper Wires Pack - M/F	https://listado.mercadolibre.cl/jumper-wires-pack-m%20f#D[A:Jumper%20Wires%20Pack%20-%20M/M]
Arduino YF-S201 (Caudalímetro)	https://listado.mercadolibre.cl/arduino-yf-s201-%28caudal%20metro%29#D[A:Arduino%20YF-S201%20(Caudal%20metro)]
Sen0189 Sensor de turbidez	https://listado.mercadolibre.cl/sensor-de-turbidez#D[A:sensor%20de%20turbidez]

ANEXO D

CÁLCULO DE PROBABILIDAD



IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Edición Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	X	Numérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
2	Probabilidadingresomenorouigual	Numérico	8	2		Ninguna	Ninguna	18	Derecha	Nominal	Entrada
3	Probabilidadingresos2	Numérico	8	2		Ninguna	Ninguna	30	Derecha	Nominal	Entrada
4	probabilidaddeingresoigual	Numérico	8	2		Ninguna	Ninguna	34	Derecha	Nominal	Entrada
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60											
61											
62											
63											
64											
65											
66											
67											
68											
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79											
80											
81											
82											
83											
84											
85											
86											
87											
88											
89											
90											
91											
92											
93											
94											
95											
96											
97											
98											
99											
100											

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo

