



*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Facultad Regional Villa María*  
*Departamento de Electrónica*  
*Cátedra Trabajo Final de Grado*

## **Sistema automatizado de corrección de pH para piscinas**

Autor:

Nadalin Pablo Ayrton

**2020**

**Acreditación:**

**Fecha: 02/12/2020**

**Comité Evaluador**

**Presidente:** MSc. Ing. Pedro Danizio

**1° Vocal:** Esp. Ing. Héctor Ferrari

**2° Vocal:** Ing. José Luis Catalano





## Dedicatorias

*A mis amados sobrinos: Alejo, Tiago, Bautista, Catalina y Ramiro.*

*A mis hermanos: Leandro y Tamara.*

*A mi abuela María y mi abuela de corazón Nelly.*

*A todos mis amigos, primos, tíos y conocidos, todos quienes pongo orgullosos en este momento de mi vida.*

*A mi gran compañera de vida y novia Anita.*

*En especial a quienes me dieron la vida, me enseñaron a caminar y me hicieron transitar por el camino correcto, mamá y papá: Mariel y Ricardo. Quiero que sepan que esto es por ellos y para ellos.*



## Agradecimientos

*A todos los compañeros quienes al empezar el proyecto aportaron su ayuda, ya sea prestando algún componente, herramienta, dando ideas o distintos puntos de vista los cuales orientaron a uno.*

*A cada uno de los docentes quienes nos dieron las herramientas y nos transmitieron su conocimiento a lo largo del cursado de la carrera.*

*A mis amigos, los compañeros de ocio, con quienes compartí charlas, asados, mateadas, salidas, partidos de futbol, o cualquier otro tipo de actividad las cuales despejaban mi mente durante el proceso.*

*A la familia Fontana, quien me dio el lugar donde realizar las pruebas en su piscina y me ayudaron con la construcción de las cosas hechas con madera en su carpintería.*

*A Alejandra y Luciano, quienes cada vez que tuve que realizar un viaje a Villa María a causa del proyecto, siempre me dieron un espacio en su hogar.*

*A mi novia, quien siempre estuvo a mi lado, ya sea en los buenos momentos, como en los más difíciles de la carrera. Ella fue la persona más importante para lograr un equilibrio, el cual es muy difícil lograr y le estoy verdaderamente agradecido.*

*La mención especial es para mis padres, los verdaderos pilares de esto, ellos me brindaron su hogar en todo momento, su apoyo moral y económico, siempre me impulsaron para seguir y terminar el proyecto como lo hicieron en toda la carrera.*



---

## Memoria Descriptiva

*La idea del proyecto en cuestión se basó en, medir el pH a la salida del filtro de una piscina, calcular automáticamente que líquidos se le agregarán para la corrección, y, por último, agregar la cantidad necesaria de los líquidos correspondientes.*

*Se usaron, bombas para la dosificación de las soluciones, sensores de nivel en los depósitos de ellas, y programación a través de un software de compilación en lenguaje C para automatizar el sistema.*

*Para ello se usó la tecnología de microcontroladores PIC, el cual, se programó para utilizar los datos obtenidos del medidor de pH y realizar el cálculo correspondiente para saber qué cantidad de cada solución sería necesario aplicar a la muestra para corregir el pH del agua.*

*En primera instancia, se procedió a realizar el medidor de pH, construido con un electrodo quien da en sus bornes valores de tensión para el ingreso al PIC. Luego ese mismo valor de tensión, se convierte en dato para el cálculo de los líquidos que se aplicarán luego a la piscina.*

*Las salidas del PIC se usaron para controlar las bombas y Leds de advertencia. Las entradas fueron utilizadas para controlar el nivel de los bidones de los líquidos, mediante sensores hallados en su interior, para la lectura del ADC y para los botones del instrumento.*

*El usuario tiene la posibilidad de ver a través de una pantalla de cristal líquido de 16x2 las tareas que se van realizando. La misma pantalla, junto a pulsadores constituyen el interfaz para el usuario, quien puede seleccionar en primera instancia, si el instrumento quiere usarlo de forma manual o de forma automática para realizar correcciones en el agua de la piscina; o solo para medir pH.*



---

## ÍNDICE

| <b>Título</b>                      | <b>Página</b> |
|------------------------------------|---------------|
| Dedicatorias .....                 | 3             |
| Agradecimientos .....              | 4             |
| Memoria Descriptiva .....          | 5             |
| Introducción.....                  | 7             |
| pH (potencial de Hidrógeno) .....  | 8             |
| Agua .....                         | 13            |
| Hipoclorito de sodio (NaOCl) ..... | 15            |
| Ácido clorhídrico (HCl) .....      | 18            |
| Agua y pH en piscinas .....        | 21            |
| Objetivos.....                     | 23            |
| Diseño del Proyecto.....           | 25            |
| Manual de usuario .....            | 31            |
| Evaluación Final del Sistema ..... | 44            |
| Conclusiones.....                  | 62            |
| Bibliografía.....                  | 63            |
| Anexo I: Tablas de pruebas. ....   | 64            |
| Anexo II: Hojas de datos. ....     | 66            |
| Anexo III: Vinilo Instrumento..... | 73            |



---

## Introducción

Se recurrió a la investigación sobre los problemas que existen a la hora de sumergirse en una piscina donde el agua no está en condiciones.

Una de las cosas que se podían hacer con un proceso electrónico era realizar la lectura del valor de pH del agua, a partir de allí surge la idea de no solo leerlo, sino de tratar de llevar ese pH a un valor apto para el ingreso de las personas sin afectar su salud.

Con una investigación exhaustiva y teniendo en cuenta los ingresos económicos que se tenían, se consigue un elemento llamado electrodo, el cual, al sumergirlo en una solución acuosa, nos daría una diferencia de potencial a sus bornes, quienes se conectan en una placa a través de un conector BNC para que a la salida obtengamos un valor de tensión, nosotros podríamos traducir el mismo en un valor de pH a través de un programa.

El programa realizado se hizo a través de un software de compilación en lenguaje C. Cuando se obtuvo el valor de pH, buscamos la forma de llevarlo, de ser necesario, a un valor óptimo.

Se lograría cambiar el valor de pH con el suministro de soluciones ácidas en caso de necesitar bajar el pH, o soluciones alcalinas para subir ese valor. Lo más común en una piscina es que necesitemos subir el valor de pH, ya que el agua posee cloro, que es un gas y al estar expuesto a la intemperie se evapora de forma más rápida, logrando así que el pH del agua vaya disminuyendo.

En conclusión, el programa consta de una lectura de un valor, cálculo del suministro de soluciones y la dosificación automática de los mismos a través de bombas.



---

## pH (potencial de Hidrógeno)

“García Bello (2019). ¿Qué es el pH? Cuaderno de Cultura Científica. Recuperado de: <https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/>

Para entender qué es el pH, primero debemos entender qué es un ácido.

A lo largo de la historia hemos dado descripciones cada vez más sofisticadas de qué es un ácido y, en consecuencia, hemos diseñado una variable para medir el nivel de acidez de una sustancia: el pH.

Al principio hablábamos de ácidos como sustancias con una serie de propiedades comunes con respecto al sabor. El sabor ácido del limón o del vinagre, por ejemplo. Ahora sabemos que estos sabores dependen del ácido cítrico y del ácido acético, respectivamente. Además, descubrimos que estas sustancias de “sabor ácido” tienen de rojo determinados pigmentos, como el tornasol que se extrae de algunos líquenes. Tradicionalmente se extrae de roccellas y dendrographas. También atacan al mármol y reaccionan con algunos metales desprendiendo gas hidrógeno. El químico Robert Boyle fue el primero en llamar ácidos a estas sustancias con propiedades similares. Fue en 1663.

Hay sustancias que son opuestas a los ácidos. Que en contacto con los ácidos amortiguan sus propiedades. Son sustancias de sabor amargo, que producen sensación jabonosa en la piel y tienen de azul el tornasol. A estas sustancias las denominamos álcalis, del árabe *al kali*, que significa cenizas vegetales.

Cuando mezclamos una sustancia ácida con otra alcalina se obtiene una sal que pierde las propiedades de ambas. Así los álcalis recibieron más tarde el nombre de bases, del griego basis, que significa fundamento para la obtención de sales. Cuando se mezcla un ácido con una base se forma una sal.

Sabemos que las propiedades de cualquier sustancia dependen de su composición y de su estructura. El químico Lavoisier conjeturó que los ácidos eran sustancias que contenían un elemento químico que en 1777 denominó oxígeno. La palabra oxígeno está formada por dos raíces griegas, oxy, ácido, por el sabor punzante de estas sustancias, y genes, productor o engendrador. De modo que la palabra oxígeno significa engendrador de ácidos.

Sin embargo, años más tarde se descubrieron otras sustancias con propiedades ácidas que no contenían oxígeno en su composición. Como el ácido muriático (hoy llamado ácido clorhídrico, HCl) que sirvió al químico Humphry Davy para conjeturar en 1810 que la acidez de las sustancias depende del hidrógeno, no del oxígeno.

Más adelante, el químico Justus von Liebig quiso completar la idea de Davy. En 1838 propuso la existencia de dos tipos de hidrógeno, siendo el hidrógeno que puede sustituirse por metales el responsable de las propiedades de los ácidos.

El químico Svante August Arrhenius fue más allá. En 1887 propuso que el hidrógeno ácido era hidrógeno que se desprendía de las sustancias ácidas como ion hidrógeno, escrito  $H^+$  y coloquialmente denominado protón.

Esto permitió dar una definición más concreta sobre las bases. Arrhenius conjeturó que, si las bases neutralizaban a los ácidos sería porque contienen un ion de carga opuesta que da lugar a la formación de una sustancia que no es ni ácida ni básica, sino neutra. Pensó que ese ion sería el  $OH^-$ , ya que al unirse al  $H^+$  de los ácidos, daría lugar a la formación de agua,  $H_2O$ .

Las definiciones de Arrhenius para los ácidos y las bases son limitadas, sobre todo para las bases, ya que no todas las sustancias de propiedades básicas contienen  $OH^-$ , como por ejemplo una conocida base que utilizamos como producto de limpieza: el amoníaco,  $NH_3$ . Sin embargo, y a pesar de sus inconvenientes, esta teoría estuvo vigente casi cuarenta años, durante los cuales se fueron sucediendo nuevas ideas que darían lugar a teorías más completas.

El químico Johannes Nicolaus Brønsted y el químico Thomas Martin Lowry, simultáneamente, pero siguiendo líneas de trabajo diferentes, propusieron en 1923 una definición más precisa sobre los



ácidos y las bases. Esta definición forma parte de la que conocemos como teoría ácido-base de Brönsted-Lowry. Según esta teoría, los ácidos son sustancias capaces de donar un protón ( $H^+$ ), mientras que las bases son capaces de aceptarlos. De esta manera las reacciones entre ácidos y bases pueden interpretarse como reacciones de transferencia de protones. Así por ejemplo el amoníaco ( $NH_3$ ), es una base porque es capaz de captar  $H^+$  y formar el ion amonio ( $NH_4^+$ ).



Figura N° 1: Transferencia de  $H^+$  a una base.

En la actualidad existen teorías más completas que la de Brönsted-Lowry, siendo la más conocida la teoría de Lewis de 1938, que se basa en un concepto electrónico de mayor complejidad. Aun así, la definición de uso más común de ácidos y bases es la que formularon Brönsted y Lowry.

A partir de la definición de ácido de Brönsted y Lowry, el químico Søren Peter Lauritz Sørensen introdujo por primera vez en 1909 el concepto de pH. El pH está ligado a la cantidad de  $H^+$ .

Mediante el uso de electrodos podemos medir la cantidad de  $H^+$  presente en una disolución, es decir, la concentración de  $H^+$ .

Para darle una numeración más manejable, Sørensen decidió aplicar la función logaritmo sobre el valor de la concentración de  $H^+$ . Esa es la definición matemática del pH: el logaritmo en base 10, cambiado de signo, de la concentración de  $H^+$ , cuando ésta se expresa en moles por decímetro cúbico.

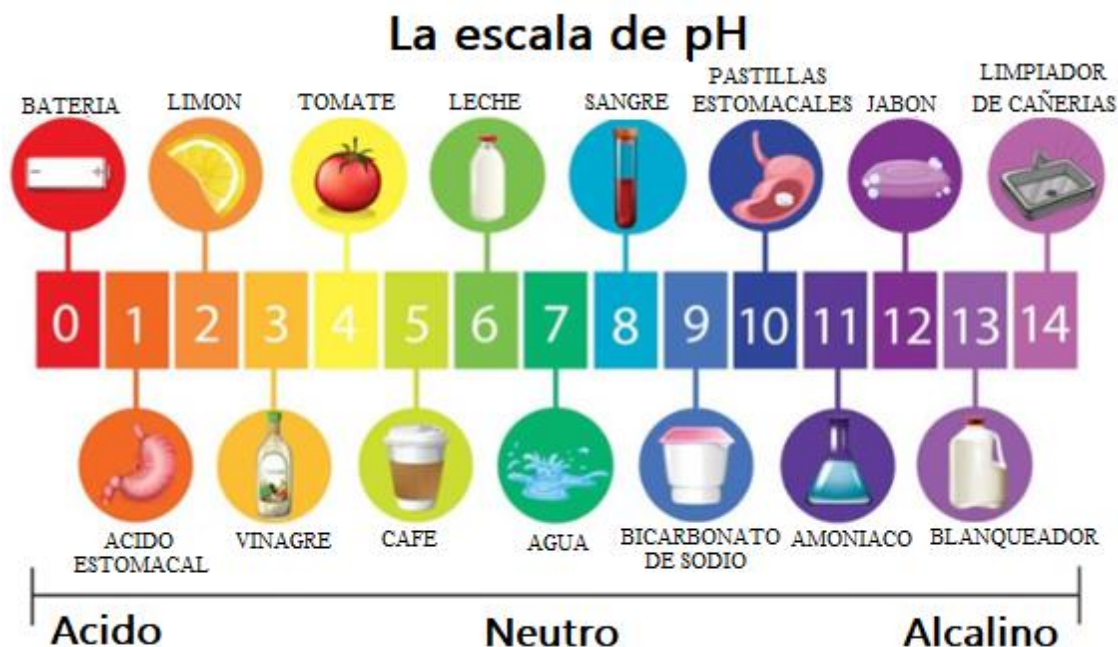


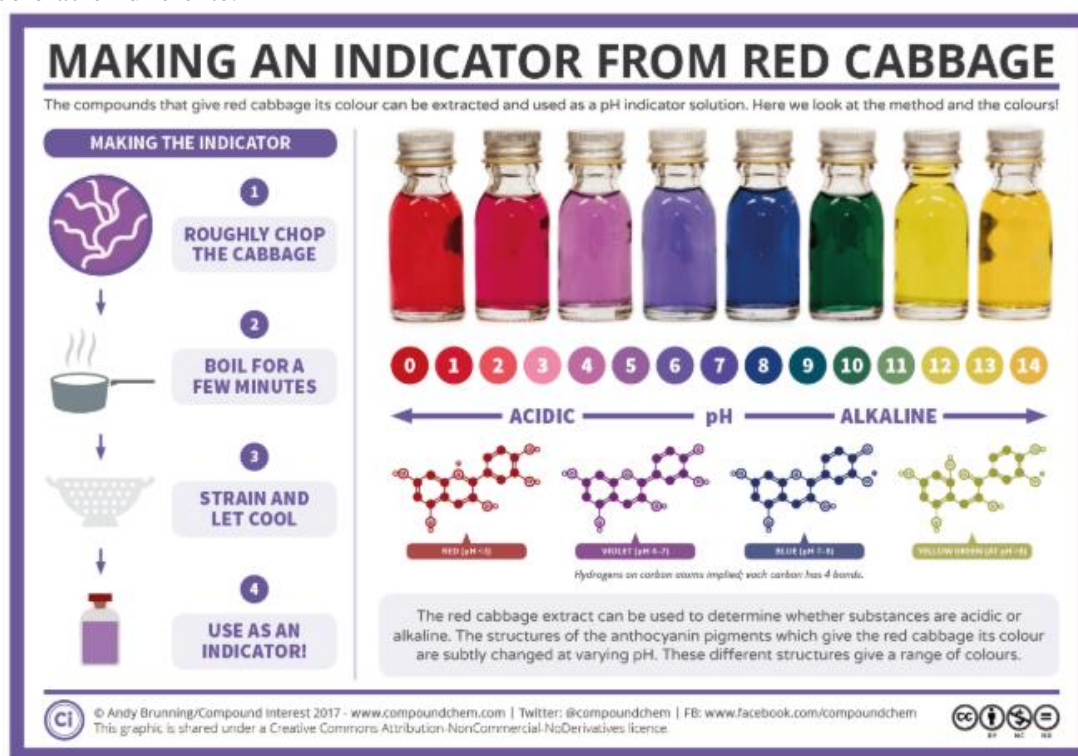
Figura N° 2: Escala de pH con ejemplos

De esa manera obtuvo una escala de pH, que es la que utilizamos en la actualidad, que normalmente oscila entre los valores 0 y 14. Así, el valor de pH 7 se corresponde con las sustancias neutras. El agua pura tiene pH 7. Las sustancias ácidas son las que tienen un pH inferior a 7, y las básicas superior a 7.

En la actualidad, para medir el pH utilizamos un electrodo sensible a los  $H^+$ . Se conoce como pH-metro (pronunciado peachímetro). Cada vez que se usa hay que calibrarlo usando unas disoluciones de referencia cuyo pH es conocido y sirven de patrón para que el aparato construya la escala de pH.

Hay otras maneras de medir el pH. Una manera no tan precisa, pero útil, es el uso de indicadores colorimétricos de pH. Según el color que adquieren, podemos saber el valor aproximado del pH. El más antiguo y que se sigue usando es el tornasol. En disoluciones ácidas, de pH inferior a 5, el tornasol es rojo, mientras que cuando el pH excede de 8 se vuelve azul.

Los indicadores son ácidos débiles, es decir, aunque tengan preferencia por donar iones  $H^+$ , también coexisten con otra forma básica que puede aceptarlos, y cada una de estas formas presenta una coloración diferente.



**Figura N° 3:** Construcción de un indicador con un repollo morado.

Otro indicador colorimétrico de origen vegetal son las antocianinas. Las antocianinas del repollo morado se pueden aprovechar para fabricar un papel indicador ácido-base casero. Para eso se empapa un papel de filtro con jugo concentrado de él, macerado y hervido. El papel se deja secar y finalmente se corta en tiras para obtener varios indicadores de pH. A pH entre 1 y 2 el color del jugo de repollo será rojizo, a pH 4 será color ciruela, a pH 5 será púrpura, a pH 6-7 será azul, a pH 8 será azul verdoso, a pH 9-10 será verde esmeralda, a pH 10-11 será verde hierba, a pH 12-13 será verde lima y a pH 14 amarillo.

En el laboratorio utilizamos varios indicadores de pH. Los más habituales son la fenolftaleína, el naranja de metilo o el azul de metileno.

El pH es una variable química que nos permite medir el grado de acidez de una sustancia. Su definición tiene cierta complejidad, y aun así ha calado en el lenguaje coloquial. Sin embargo, la palabra pH no siempre se emplea de manera correcta. De hecho, ignorar el significado del pH, igual



que ignorar qué es un ácido o qué es un álcali, hace que las decisiones también sean ignorantes. Como decantarse por la compra de un producto, sin entender si su pH lo hace mejor o peor, o decidir seguir una dieta aberrante porque presuntamente está basada en este concepto científico. Por cierto, el jugo de limón no es alcalino, es ácido.”

### pH-metro

“Gonzalez Mañas (2012). Medida de pH. Curso de biomoléculas. Recuperado de: <http://www.ehu.eus/biomoleculas/ph/medida.htm> .

El pH-metro realiza la medida del pH por un método potenciométrico. Este método se basa en el hecho de que entre dos disoluciones con distinta  $[H^+]$  se establece una diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial determina que cuando las dos disoluciones se ponen en contacto se produzca un flujo de  $H^+$ , o, en otras palabras, una corriente eléctrica. En la práctica, la medida del pH es relativa, ya que no se determina directamente la concentración de  $H^+$ , sino que se compara el pH de una muestra con el de una disolución patrón de pH conocido.



Figura N° 4: pH-metro digital sofisticado.

Para ello se utiliza un electrodo de pH. Cuando el electrodo entra en contacto con la disolución se establece un potencial a través de la membrana de vidrio que recubre el electrodo. Este potencial varía según el pH. Para determinar el valor del pH se necesita un electrodo de referencia, cuyo potencial no varía. El electrodo de referencia puede ser externo o puede estar integrado en el electrodo de pH.

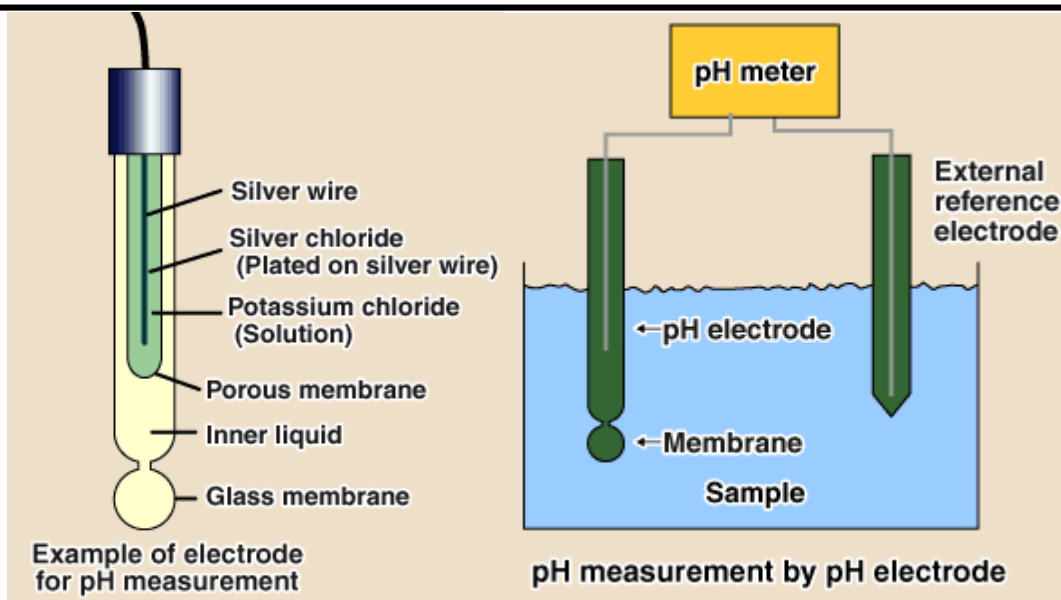


Figura N° 5: Partes de un ph-metro.

La diferencia de potencial (E) es proporcional a  $[H^+]$ , y viene definida por la ecuación de Nernst:  
 $E_{medido} = E_{referencia} + (2,3 RT/NF) pH$

donde E medido es el potencial (en voltios) detectado a través de la membrana de vidrio, E referencia es el potencial del electrodo de referencia, y  $(2,3 RT/NF)$  es el factor de Nernst, que depende de la constante de los gases (R), la constante de Faraday (F), la carga del ion (N), que para el pH vale 1, y la temperatura en grados Kelvin (T). El comportamiento del electrodo depende de la temperatura. Por eso es importante que a la hora de calibrar el pH-metro siempre esperemos a que las disoluciones patrón sacadas de la heladera se pongan a temperatura ambiente.



Figura N° 6: Soluciones buffer.

Como a 25°C el factor de Nernst vale aproximadamente 0,06 y el potencial de referencia se considera igual a cero, la ecuación de Nernst queda reducida a:

$$E_{medido} = -0,06 pH$$

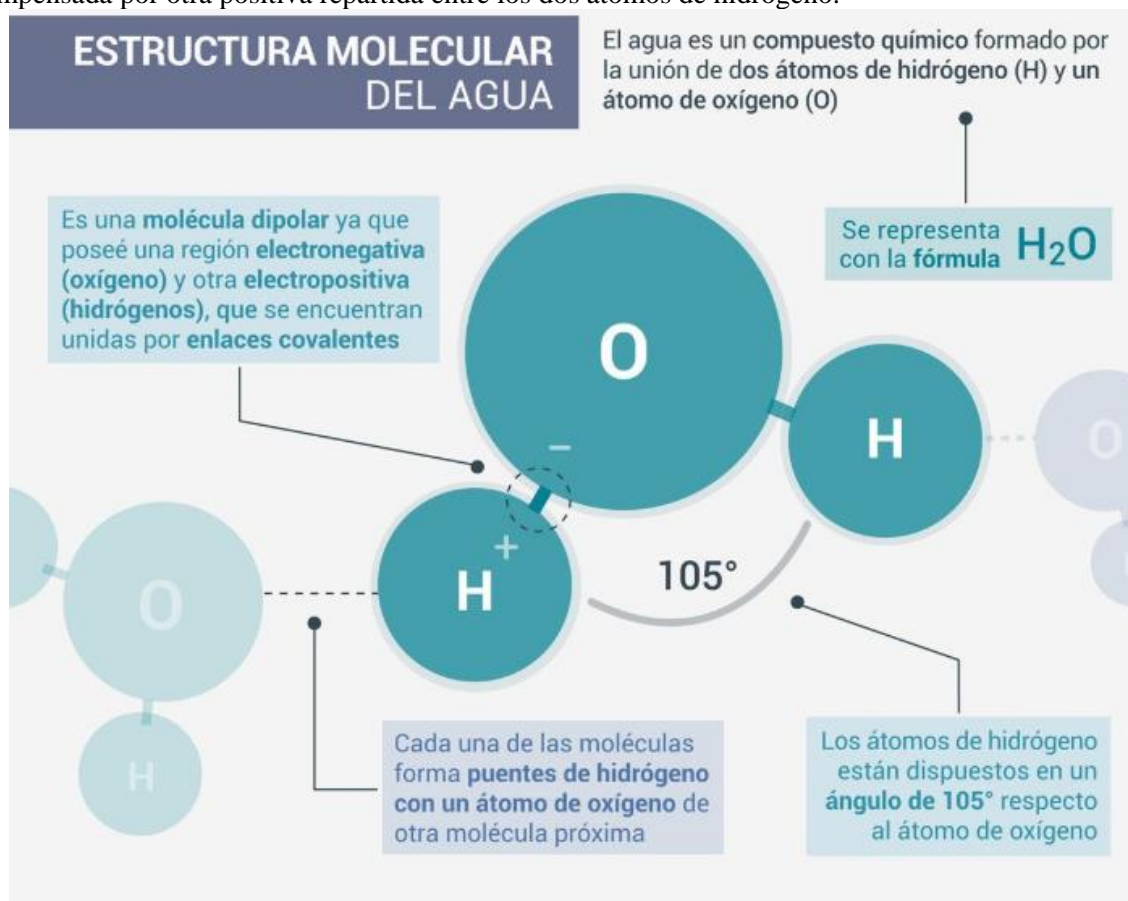
## Agua

“Centro Virtual de información del Agua (2017). ¿Qué es el Agua? Agua.org.mx. Recuperado de: <https://agua.org.mx/que-es/>

El agua es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es H<sub>2</sub>O y se trata de una molécula muy estable.

En la estructura de la molécula los dos átomos de hidrógeno y el de oxígeno están dispuestos en un ángulo de 105°, lo cual le confiere características relevantes.

Es una molécula dipolar – en la que el átomo de oxígeno central comparte un par de electrones con cada uno de los dos átomos de hidrógeno – con un exceso de carga negativa junto al oxígeno, compensada por otra positiva repartida entre los dos átomos de hidrógeno.



**Figura N° 7:** Estructura molecular del agua.

Puesto que los átomos de hidrógeno y oxígeno en la molécula contienen cargas opuestas, moléculas de agua vecinas se atraen entre sí. Esta estructura permite que muchas moléculas iguales se unan con gran facilidad, formando enormes cadenas que constituyen el líquido que da la vida a nuestro planeta.

El agua es una sustancia elemental que permite la vida en nuestro planeta, es un líquido incoloro, inodoro e insípido, que en grandes masas adquiere un color azul.

La composición y estructura molecular del agua son responsables de las propiedades físico-químicas que la distinguen de otras sustancias.

### Estados físicos

El agua es una sustancia que se encuentra en el ambiente en cualquiera de los tres estados de la materia sólido, líquido y gaseoso.

| El estado físico del agua depende de la <b>temperatura</b> y la <b>presión atmosférica</b> |  | <b>ESTADOS FÍSICOS DEL AGUA</b> |
|--|--|---------------------------------|
| <b>SÓLIDO</b>  |  Punto de congelación a 0°C a nivel del mar   |                                 |
|           | El hielo es agua en estado sólido. Flota en el agua líquida debido al aire que queda atrapado entre las moléculas de agua al congelarse.   |                                 |
| <b>LÍQUIDO</b>   |  Entre 0°C - 100°C a nivel del mar  |                                 |
|           | La atracción entre las moléculas de agua permite la formación de gotas; si no fuera por la gravedad de la tierra las gotas de agua tendrían una forma esférica.  |                                 |
| <b>GASEOSO</b>   |  Punto de ebullición a 100°C a nivel del mar  |                                 |
|         | El vapor es agua en su estado gaseoso. Está conformado por moléculas de agua que se mueven de forma rápida, constante e independiente; por lo que se esparcen muy rápido en la atmósfera proporcionando humedad al ambiente. |                                 |

**Figura N° 8:** Estados físicos del agua.

En su estado sólido, presenta menor densidad que en su fase líquida, forma estructuras ordenadas en las que cada molécula de agua queda establemente unida a otras cuatro moléculas.

En su estado líquido, las moléculas tienen una elevada fuerza de cohesión que las mantiene dinámicamente unidas, consecuencia de la rápida formación y ruptura de los enlaces entre estas moléculas.

Finalmente, en su fase gaseosa, las moléculas se encuentran muy separadas y en desorden.”



---

## Hipoclorito de sodio (NaOCl)

“Lenntech BV, Lenntech Solutions BV y Lenntech DMCC (2018). Desinfectantes Hipoclorito de sodio. Lenntech. Países Bajos. Recuperado de: <https://www.lenntech.es>.

Hipoclorito de sodio (NaOCl) es un compuesto que puede ser utilizado para desinfección del agua. Se usa a gran escala para la purificación de superficies, blanqueamiento, eliminación de olores y desinfección del agua.

### ¿Cuándo se descubrió?

Alrededor del año 1785 el francés Berthollet desarrollo líquidos blanqueantes utilizando hipoclorito de sodio. La compañía de nombre Javel, introdujo este producto y lo llamo "licor de Javel". Al principio, se usó para blanquear algodón. Debido a sus características específicas se extendió con facilidad. El hipoclorito puede eliminar manchas de la ropa a temperatura ambiente. En Francia el hipoclorito de sodio todavía es conocido como el 'eau de Javel'.

### Características del hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico. El hipoclorito de sodio tiene una densidad relativa de 1,1 (5,5% solución acuosa). Como agente blanqueante de uso doméstico normalmente contiene 5% de hipoclorito de sodio (con un PH de alrededor de 11, es irritante). Si está a mayor concentración, contiene un 10 a 15% de hipoclorito de sodio (con un pH alrededor de 13, se quema y es corrosivo).

El Hipoclorito de sodio es inestable. El cloro se evapora a razón de 0,75 gramos de cloro activo por día desde la solución. Después calentado el hipoclorito de sodio se desintegra. Esto también ocurre cuando hipoclorito de sodio contacta con ácidos, luz del día, ciertos metales y venenos, así como gases corrosivos, incluyendo el gas de cloro. El hipoclorito de sodio es un oxidante fuerte y reacción con compuestos combustibles y reductores. El hipoclorito de sodio es una base débil inflamable. Estas características se deben tener en cuenta en los procedimientos de transporte, almacenamiento y uso del producto.

### ¿Como afecta el pH al añadir hipoclorito de sodio al agua?

Debido a la presencia de soda cáustica en el hipoclorito de sodio, el valor del pH aumenta. Cuando el hipoclorito de sodio se disuelva en agua, se generan dos sustancias, que juegan el papel de oxidantes y desinfectantes. Estos son ácido hipocloroso (HOCl) y el ion de hipoclorito el cual es menos activo (OCl<sup>-</sup>). El pH del agua determina la cantidad de ácido hipocloroso que se forma. Cuando se utiliza hipoclorito de sodio, se utiliza el ácido acético para disminuir el pH.

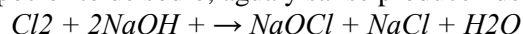
El ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) se puede usar como alternativa al ácido acético. Cuando se utiliza ácido sulfúrico la producción de gases dañinos es menor. El ácido sulfúrico es un ácido fuerte que reacciona vigorosamente con bases y esto es muy corrosivo.

### ¿Como se produce el hipoclorito de sodio?

El hipoclorito de sodio se puede utilizar de dos maneras:

- Mediante la disolución de sales en agua blanda, generado una solución salina. La solución es electrolizada y genera una solución de hipoclorito de sodio en agua. Esta solución contiene 150gr de cloro activo por litro. Durante la reacción se genera hidrogeno gas explosivo.

- Mediante la adición de cloro gas (Cl<sub>2</sub>) a soda cáustica (NaOH). Cuando se hace esto, el hipoclorito de sodio, agua y sal se producen de acuerdo a la siguiente reacción:





---

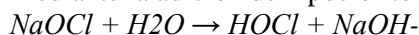
## Aplicaciones del hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio se utiliza a gran escala. Por ejemplo, en la agricultura, industrias químicas, pinturas, industrias de alimentación, industrias del cristal, papeleras y farmacéuticas, industrias sintéticas e industrias de disposición de residuos.

En la industria textil se utiliza el hipoclorito de sodio como blanqueante. También se puede añadir a aguas residuales industriales. Esto se hace para la eliminación de olores. El hipoclorito neutraliza el gas de sulfuro de hidrógeno (SH) y amonio (NH<sub>3</sub>). También se puede utilizar para la detoxificación de baños de cianuro en industrias del metal. El hipoclorito se puede utilizar para la prevención de la formación de las algas crecimiento biológico en torres de enfriamiento. En las aguas de tratamiento, el hipoclorito es utilizado como desinfectante del agua. En las casas, el hipoclorito se usa frecuentemente para la purificación y desinfección de la casa.

### ¿Como funciona el hipoclorito de sodio para la desinfección?

Mediante la adición de hipoclorito de sodio en el agua, se genera ácido hipocloroso (HOCl):

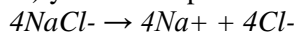


El ácido hipocloroso se divide en ácido hipoclorito (HCl) y oxígeno (O). El átomo de oxígeno es un oxidados muy fuerte. El hipoclorito de sodio es efectivo contra las bacterias, virus y hongos. El hipoclorito de sodio desinfecta de la misma manera que lo hace el cloro.

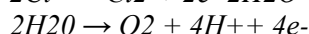
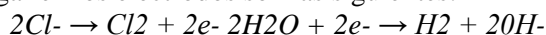
### ¿Como se aplica el hipoclorito de sodio en piscinas?

El hipoclorito de sodio es aplicado en piscinas para la desinfección del agua y oxidación. Tiene la ventaja que los microorganismos pueden crear resistencias contra ellos. El hipoclorito de sodio es también efectivo contra la legionela y el biofilm, donde la legionela se puede multiplicar.

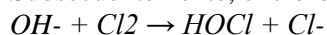
El ácido hipocloroso se produce mediante la reacción de hidróxido de sodio con gas cloro. En el agua, se forma el llamado "cloro activo". Existen varios caminos para el uso de hipoclorito de sodio: Por electrolisis de la sal en el sitio, donde se aplica una solución de sal (NaCl) en agua. Iones Sodio (Na<sup>+</sup>) y cloro son producidos.



Mediante el paso de una solución salina en celdas de electrolisis, donde las reacciones que tienen lugar en los electrodos son las siguientes:



Subsecuentemente, el cloro e hidróxido reaccionan formando hipoclorito:



Las ventajas de los sistemas de electrolisis es que no se requiere el transporte o almacenamiento del hipoclorito de sodio. Cuando el hipoclorito de sodio se almacena por mucho tiempo, se vuelve inactivo. Otra de las ventajas de la producción en el momento es que el cloro baja los niveles de pH y no se requiere otro ácido para disminuir el pH. El gas hidrógeno producido es explosivo y por lo tanto se debe ventilar para evitar explosiones.

Este sistema es lento por lo que es recomendable utilizar un buffer extra de ácido hipocloroso. El mantenimiento y la compra de los sistemas de electrolisis es más caro que el hipoclorito de sodio. Cuando se utiliza el hipoclorito de sodio, acético o ácido sulfúrico se añaden al agua. Una dosis puede producir gases venenosos. Si la dosis es demasiado baja, el pH aumenta lo que puede irritar los ojos. Debido al uso de hipoclorito de sodio para la oxidación de contaminantes (orina, sudor, cosméticos) y para la eliminación de microorganismos patogénicos, la concentración requerida de hipoclorito de sodio depende de la concentración de estos contaminantes. Especialmente la cantidad de contaminantes orgánicos determina la concentración requerida. Si se filtra el agua antes de la aplicación del hipoclorito de sodio, se necesitará menos producto.





---

## ¿Cuáles son los efectos para la salud del hipoclorito de sodio?

Existen valores límite de exposición al hipoclorito de sodio. La exposición al hipoclorito de sodio tiene varios efectos. La exposición se genera normalmente por la inhalación de aerosoles, que produce tos y dolor de garganta. Si se traga el hipoclorito de sodio provoca dolor de estómago, sensación de quemazón, tos, diarrea, dolor de garganta y vómitos. En los ojos y en la piel causa enrojecimiento y daños. Después de una exposición prolongada, la piel se vuelve sensible. El hipoclorito de sodio es veneno para los organismos existentes en el agua. Es un mutágeno muy tóxico cuando se combina con sales de amonio.

## Hipoclorito de sodio en piscinas

La concentración de hipoclorito de sodio existente en piscinas es generalmente no dañina para las personas. Cuando existe mucho cloro en el agua, produce quemaduras en los tejidos del cuerpo, crea daños en los tractos de aire, el estómago y los intestinos, los ojos y la piel. Cuando se utiliza en piscinas, causa el enrojecimiento de los ojos y genera un olor a cloro. Cuando hay mucha urea (orina y sudor), se forman cloraminas, que van a irritar las membranas mucosas y causar el llamado "olor a cloro". En la mayoría de las piscinas, estos problemas se previenen mediante la purificación del agua y ventilación. La irritación de los ojos desaparece después de un rato.

## Ventajas y desventajas de la utilización de hipoclorito de sodio

### Ventajas

El hipoclorito de sodio es un desinfectante que tiene las siguientes ventajas:

Puede ser fácilmente transportado y almacenado cuando se produce en el sitio. El almacenamiento y transporte del hipoclorito de sodio es seguro. El hipoclorito de sodio es tan efectivo como el gas cloro para la desinfección. El hipoclorito de sodio produce desinfección residual.

### Desventajas

Hipoclorito de sodio es una sustancia peligrosa y corrosiva. Cuando se trabaja con hipoclorito de sodio, se deben tomar medidas de seguridad para proteger a los trabajadores y al medio ambiente. El hipoclorito de sodio no debería entrar en contacto con el aire, porque provoca su desintegración. “

## Hipoclorito de sodio usado en el proyecto

La solución utilizada en el proyecto en cuestión está compuesta de 96 g/l.



## Ácido clorhídrico (HCl)

“EcuRed (2012). Ácido Clorhídrico. Química inorgánica. EcuRed. Cuba. Recuperado de: [https://www.ecured.cu/%C3%81cido\\_clorh%C3%ADdrico](https://www.ecured.cu/%C3%81cido_clorh%C3%ADdrico) .

Ácido clorhídrico. Líquido incoloro que humea al aire y posee un olor punzante. Puede presentar una tonalidad amarillenta por contener trazas de cloro, hierro o materia orgánica. Es un ácido de alta estabilidad térmica y posee una amplia variedad de aplicaciones. Es obtenido por combinación y absorción en agua de cloro e hidrógeno gaseosos. Es una sustancia de gran utilidad en nuestros días por los químicos en los laboratorios y las industrias. Después del ácido sulfúrico, es el ácido de mayor importancia a escala industrial. Su estudio proporciona el conocimiento adquirido por el hombre desde la que la química se encontraba en manos de la alquimia en la edad media hasta nuestros días.

### Historia y estado natural

El descubrimiento se atribuye a Glauber, Priestley lo preparó al estado gaseoso. Lavoissier creyó que era un compuesto oxigenado, pero Gay-Lussac y otros demostraron que está constituido de cloro e hidrógeno. El ácido clorhídrico se desprende de los volcanes y acompaña al ácido sulfúrico en las aguas del Río Vinagre.

En la Edad Media, el ácido clorhídrico era conocido entre los alquimistas europeos como espíritu de sal o acidum salis. En el siglo diecisiete, Johann Rudolf Glauber, de Karlstadt am Main, Alemania, utilizó sal (cloruro de sodio) y ácido sulfúrico para preparar sulfato sódico, liberando gas cloruro de hidrógeno. Joseph Priestley, de Leeds, Inglaterra preparó cloruro de hidrógeno puro en 1772, y Humphry Davy de Penzance demostró que su composición química contenía hidrógeno y cloro.

### Propiedades

Es un gas incoloro de olor picante, corrosivo, fumante al aire a consecuencia de su acidez por el agua y formación de un hidrato. Su disolución saturada a 0°C tiene una concentración de 37% y una densidad es de 1,19 g/cm<sup>3</sup>. Por el calor y las chispas eléctricas se disocia. Es muy soluble en el agua y al disolverse desprende gran cantidad de calor. El ácido clorhídrico posee las propiedades químicas características de los ácidos. Estas propiedades se deben a la presencia de los átomos de hidrógeno en la molécula del ácido

| Conc. (m/m)<br>c :<br>kg HCl/kg | Conc. (m/v)<br>c :<br>kg HCl/m <sup>3</sup> | Densidad<br>ρ : kg/l | Molaridad<br>M | pH   | Viscosidad<br>η : mPa·s | Calor específico<br>s :<br>kJ/(kg·K) | Presión de vapor<br>P <sub>HCl</sub> :<br>Pa | Punto de ebullición<br>b.p. | Punto de fusión<br>m.p. |
|---------------------------------|---|----------------------|----------------|------|-------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|
| 10%                             | 104,80                                      | 1,048                | 2,87 M         | -0,5 | 1,16                    | 3,47                                 | 0,527  | 103 °C                      | -18 °C                  |
| 20%                             | 219,60                                      | 1,098                | 6,02 M         | -0,8 | 1,37                    | 2,99                                 | 27,3   | 108 °C                      | -59 °C                  |
| 30%                             | 344,70                                      | 1,149                | 9,45 M         | -1,0 | 1,70                    | 2,60                                 | 1.410  | 90 °C                       | -52 °C                  |
| 32%                             | 370,88                                      | 1,159                | 10,17 M        | -1,0 | 1,80                    | 2,55                                 | 3.130  | 84 °C                       | -43 °C                  |
| 34%                             | 397,46                                      | 1,169                | 10,90 M        | -1,0 | 1,90                    | 2,50                                 | 6.733  | 71 °C                       | -36 °C                  |
| 36%                             | 424,44                                      | 1,179                | 11,64 M        | -1,1 | 1,99                    | 2,46                                 | 14.100                                       | 61 °C                       | -30 °C                  |
| 38%                             | 451,82                                      | 1,189                | 12,39 M        | -1,1 | 2,10                    | 2,43                                 | 28.000                                       | 48 °C                       | -26 °C                  |

Tabla N° 1: Características del HCl de acuerdo a su concentración.



## Obtención

Industrialmente se obtiene mediante la síntesis directa del cloruro de hidrógeno a partir del cloro e hidrógeno y de su posterior disolución en agua. Para evitar que el proceso se desarrolle con violencia, dado el carácter explosivo de la reacción entre el cloro y el hidrógeno, los dos gases se mezclan en el mismo momento en que ha de producirse la reacción, lo cual se logra haciendo pasar una corriente de cloro gaseoso a través de una llama de hidrógeno.



**Figura N° 9:** Uso industrial del ácido clorhídrico.

El cloro y el hidrógeno necesarios para la producción del cloruro de hidrógeno se obtiene mediante la electrólisis de la disolución concentrada de cloruro de sodio, que se conoce con el nombre de salmuera.

La reacción total que se produce durante la electrólisis puede representarse por la siguiente ecuación:



Al efectuarse la electrólisis de la salmuera, además del cloro e hidrógeno se obtiene una disolución de Hidróxido de sodio.

## Reconocimiento

Puede reconocerse porque, recogido sus vapores en el agua, producen con el Nitrato de plata un precipitado blanco que toma color violáceo por la acción de la luz. Con el nitrato de plomo o mercurio da precipitados blancos, algo soluble en el agua el de cloruro de plomo. El precipitado con las sales de mercurio de cloruro de mercurio en contacto del amoníaco adquiere color negro.

## Aplicaciones

- Decapado de metales en industria metalúrgica.
- Neutralizante, reductor e intermediario en síntesis orgánicas e inorgánicas en industria química.
- Solvente de diferentes químicos y materias primas.
- Reactivo para la elaboración de colorantes y tintas.
- Agente blanqueador de grasas y aceites.
- Reactivo para la elaboración de fertilizantes.
- Acidificante y activador de pozos petroleros.



- 
- Agente acidificante, neutralizante y reactivo en procesos de teñido, mercerizado e impresión en la industria textil.
  - En la fabricación de productos varios de limpieza.
  - Interviene en el proceso de obtención de la cerveza.
  - En el proceso de refinación de aceites.
  - Utilizado en el tratamiento de aguas industriales y de potabilización de agua.

### **Riesgos**

Ingerido puede producir gastritis, quemaduras, gastritis hemorrágica, edema, necrosis. Se recomienda beber agua o leche y no inducir el vómito.

Inhalado puede producir irritación, edema y corrosión del tracto respiratorio, bronquitis crónica. Se recomienda llevar a la persona a un lugar con aire fresco, mantenerla caliente y quieta. Si se detiene la respiración practicar reanimación cardio pulmonar.

Si se pone en contacto con la piel puede producir quemaduras, úlceras, irritación. Retirar de la zona afectada toda la vestimenta y calzados y lavar con agua abundante durante al menos 20 minutos.

En contacto con los ojos puede producir necrosis en la córnea, inflamación en el ojo, irritación ocular y nasal, úlcera nasal. Lavar el o los ojos expuestos con abundante agua durante al menos 15 minutos.”

### **Ácido clorhídrico usado en el proyecto**

En el caso de este proyecto se utiliza una solución compuesta de Ácido clorhídrico al 19%.



---

## Agua y pH en piscinas

“Tuandco.com (2020). Todo lo que necesitas saber sobre el pH en la piscina. Tuandco. España. Recuperado de: <https://www.tuandco.com/aprendeymejora/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-ph-en-la-piscina/>.

### Niveles de pH recomendados para tu piscina

El pH es uno de los parámetros más importantes del agua de la piscina. Mantenerlo en óptimas condiciones te permitirá disfrutar de un agua cristalina con un menor mantenimiento y además alargarás la vida de la piscina. El pH es la medida del grado de acidez y alcalinidad del agua. En una piscina, este valor puede oscilar entre 7,2 y 7,6, pero debemos actuar si vemos que se sale de este rango.

Cuando el pH disminuye por debajo de 7,2, el agua se vuelve ácida, provocando varios problemas tanto para la gente como para los materiales de la piscina. Por un lado, puede provocar irritación en la piel, los ojos o las mucosas de los bañistas, mientras que, por otro lado, acelerará el desgaste de los materiales que forman la piscina, y nos podemos encontrar con problemas de corrosión en las escaleras, válvulas, bombas o en el propio filtro.

En cambio, cuando el pH aumenta por encima de 7,6, el agua se vuelve demasiado alcalina. En este caso, también nos encontramos con que se irrita y reseca la piel de los bañistas, y, además, se fomenta la aparición de restos de calcio en la superficie de la piscina. El aspecto del agua también cambia, tomando una apariencia más nublada u opaca, y el efecto del cloro disminuye. Eso hará que la capacidad de desinfección disminuya, aumentando así la presencia y crecimiento de algas en el agua.

El pH es un parámetro básico para el mantenimiento de la piscina, y es muy recomendable que hagas un control periódico, para asegurarte de que el agua y su nivel de pH están dentro del rango óptimo. Te aconsejamos hacer como mínimo una lectura semanal de su nivel, actuando rápidamente cuando su valor sobrepase los límites de tolerancia.

### ¿Por qué sube o baja el pH en el agua de la piscina?

El pH es un parámetro básico para el mantenimiento del agua de la piscina. Si quieres tener el agua cristalina y en buen estado, debemos asegurarte de tener en todo momento el pH entre su rango de valores óptimo. Estos valores deben estar comprendidos entre 7,2 y 7,6, y hay que revisarlos periódicamente para comprobar que se mantienen en ese rango.

Hay muchos motivos por los que el pH de nuestra piscina puede subir o bajar, los cambios se deben a:

1. Uno de los motivos más habituales por los que el pH de la piscina cambia está relacionado con el volumen total de agua. El sol y el viento tienden a favorecer la evaporación de agua, cosa que hace que el pH vaya aumentando a medida que el agua disminuye. Además, los rayos ultravioletas del sol aceleran la disolución del cloro, cosa que también provoca un aumento del pH.

2. Por otro lado, los bañistas también provocan un desajuste en los niveles de pH. Las lociones, las cremas solares, el sudor, los restos de pelo y piel muerta que entran en contacto con el agua de la piscina, afectan de algún modo el cloro y la acidez del agua. En general, la presencia de bañistas hace que el pH suba.

3. Finalmente, el modo en el que se añade el cloro también puede afectar. Se puede añadir de tres formas: líquido, granulado o en tabletas. Si utilizas la forma de cloro líquida, estás añadiendo hipoclorito sódico, una sustancia muy alcalina que sube considerablemente el pH del agua. El cloro en tabletas, en cambio, incluye ácido tricloroisocianúrico, que tenderá a acidificar el agua, reduciendo así el pH. Finalmente, el cloro granulado tiene un pH prácticamente neutro, de 6,7, por lo que nos variará los niveles.



## ¿Cómo mantener el pH del agua en la piscina?

Es muy importante mantener el valor de pH entre los niveles correctos, ya que esto repercute directamente sobre el confort y la salud de los bañistas. El pH debería estar en todo momento entre 7,2 y 7,6, de modo que tienes que comprobar su valor con regularidad. Cuando el pH baja de 7,2, la acidez del agua puede irritar los ojos y la piel, mientras que cuando supera los 7,6, el cloro pierde efectividad y así toda su acción desinfectante.



**Figura N° 10:** Diferencias entre piscinas con pH sin regular y pH regulado.

Para medir el valor de pH del agua en la piscina necesitas un medidor de pH. Hay varios tipos de medidores en el mercado, aunque los más usados suelen ser los electrónicos, ya que son más fáciles y cómodos de usar. Sin embargo, los analizadores manuales son igualmente efectivos, y tan solo requieren tomar una muestra del agua y añadirle una pastilla. El cambio de color que se produce en el agua nos indica el nivel de pH.

Es aconsejable medir los valores al pasar pocos días para asegurarnos que los niveles son estables, especialmente después de una tormenta, debido a que la lluvia tiende a aumentar el pH. Es igualmente importante comprobar los niveles cuando ha habido muchos bañistas en la piscina, ya que eso también puede alterar los valores normales.

Cuando detectemos que el pH está bajo, deberemos usar un incrementador para recuperar el nivel. Del mismo modo, cuando los niveles suban demasiado, un reductor de pH nos corregirá su valor. En caso de tener que corregir el valor de pH, debemos añadir el producto corrector de forma gradual y esperar unas horas antes de volver a medir su valor, siempre con el filtro funcionando. Hay que seguir siempre las instrucciones del fabricante y añadir la cantidad correspondiente en función del volumen de agua de nuestra piscina.

Si estamos atentos a los niveles de pH, conseguiremos mantener un agua en perfectas condiciones, optimizando la eficiencia del resto de productos (floculante, alguicida y cloro). “

## Conclusiones sobre pH y agua en piscinas

¿Qué debemos saber sobre el pH del agua de una piscina?

1. El nivel de pH adecuado es entre 7.2 y 7.6.
2. Comprobar el pH cada 3 o 4 días, sobre todo después de días de lluvia o de mucho calor.
3. Un pH demasiado alto provoca irritaciones, agua turbia y presencia de algas.
4. Un pH demasiado bajo provoca irritaciones y desgaste de los materiales.
5. Usar el producto adecuado para regular el pH.



## Objetivos

### Objetivos generales

Lograr un dispositivo capaz de corregir las condiciones del agua, en una piscina, logrando que sea apta para que las personas puedan sumergirse sin sufrir daño alguno.

### Objetivos particulares

Diseñar un dispositivo robusto y seguro.

Diseñar un dispositivo de bajo costo.

Obtener el valor de pH del agua a través del dispositivo.

Desarrollar un dispositivo capaz de calcular la cantidad de suministro de líquidos para la corrección del pH.

Construir un dispositivo que corrija el pH del agua dosificando líquidos de forma automática.

### Diagrama en bloques del dispositivo

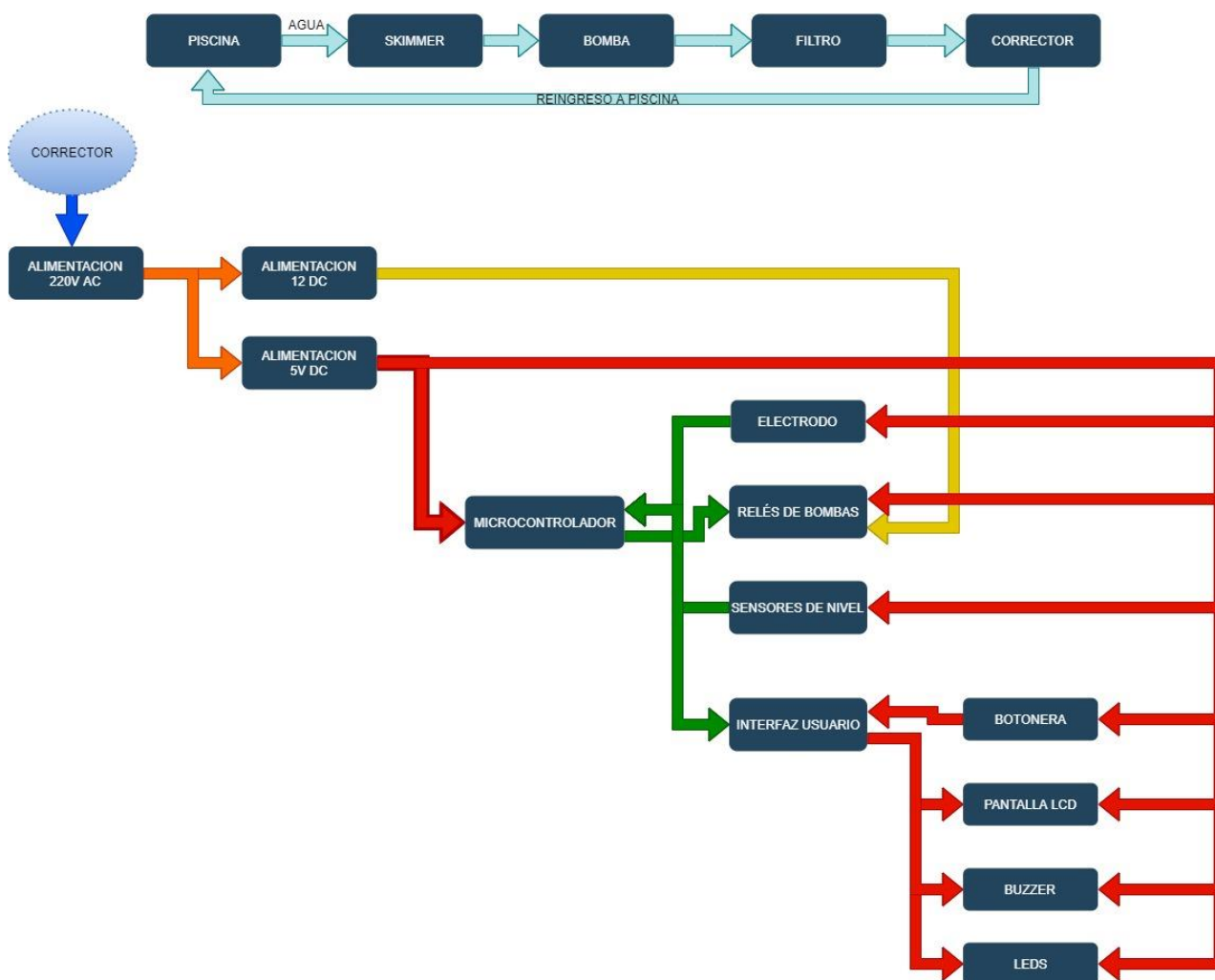


Figura N° 11: Diagrama en bloques del dispositivo.



---

## Descripción de cada una de las partes

**Piscina:** Lugar donde se sitúa el agua en la cual las personas se sumergen.

**Skimmer:** Herramienta utilizada como primera etapa de filtrado.

**Bomba:** Herramienta que mediante un motor eléctrico hace girar una turbina, aspirando el agua de la piscina por el skimmer y sumidero. Luego el agua es impulsada a la cámara de vacío, que es la carcasa de la misma.

**Filtro:** Herramienta final de filtrado.

**Corrector:** Proyecto realizado en el cual se especifican las siguientes partes:

**Alimentación:** Señal eléctrica utilizada para el funcionamiento de los componentes. Se conecta a la línea de 220v de AC y a partir de allí se toman 12v de CC y 5v de CC.

**Microcontrolador:** Dispositivo contenedor del programa principal del proyecto, que juega el papel más importante para el manejo de entradas y salidas del instrumento.

**Electrodo:** Herramienta usada para la medición del pH.

**Relés de bombas:** Componentes usados para el manejo de las bombas.

**Sensores de nivel:** Dispositivos que darán la señal de aviso de nivel en los depósitos contenedores de los líquidos.

**Interfaz usuario:** Herramienta para el usuario, se utiliza para hacer más fácil el manejo del instrumento. En el mismo se hallan:

- **Botonera:** Pulsadores para elegir las opciones que aparezcan en pantalla.
- **Pantalla LCD:** Muestra lo que va sucediendo al usuario, dando información continuamente.
- **Buzzer:** Bocina de un timbre agudo para dar aviso de finalización del proceso.
- **Leds:** Luces de notificación de advertencia sobre el nivel de los depósitos.



## Diseño del Proyecto

### Selección de componentes y dispositivos

Tras una ardua investigación, y teniendo siempre en cuenta el aspecto económico actual, se encontraron elementos para cada parte del proceso en cuestión.

El primer elemento a seleccionar fue el microcontrolador, en este caso se optó por uno conocido por nosotros los alumnos, el PIC 18F4550, el cual contiene muchas entradas y salidas, se consigue en muchas tiendas de electrónica y su relación calidad-precio es muy alta. Cabe mencionar que lo más importante a la hora de elegir este PIC por encima de cualquier PIC 16F es que el tamaño del programa no entraba en ninguno de ellos.



Figura N° 12: Microcontrolador PIC18F4550.

Necesitamos una pantalla como interfaz para el usuario, se eligió un display de cristal líquido de 16x2, del cual se manejarán los pines D4, D5, D6, D7, RS, RW, RE y las alimentaciones A, K, VSS, VDD y VEE.



Figura N° 13: Vista anterior LCD



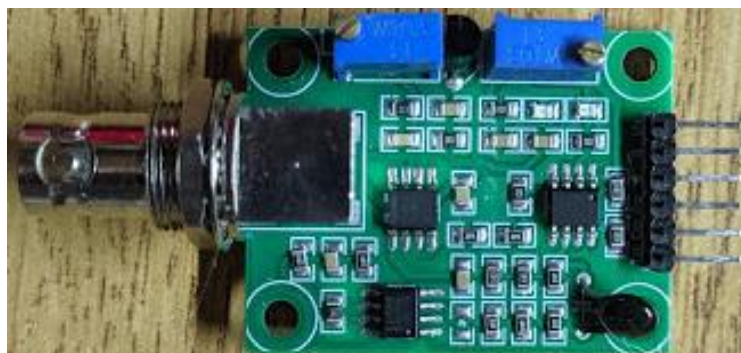
Figura N° 14: Vista posterior LCD

Es de gran necesidad un instrumento para realizar la medición y navegando por la red se encontró uno adecuado. Éste es un electrodo que posee una placa para calibrarlo, algo muy necesario, ya que antes se había recurrido a la compra de uno en el que fue muy difícil hacerlo, dado que, en todos los electrodos de pH, a sus bornes obtenemos diferencias de potencial que pueden ser positivas, negativas y además muy bajas, en el orden de los milivoltios. Con la placa de calibración que posee descartamos un problema a la hora de leer en la entrada del PIC.

Cabe destacar que la placa posee una entrada BNC para conectar la ficha del electrodo de forma segura.



**Figura N° 15:** Electrodo con ficha hembra BNC



**Figura N° 16:** Placa de calibración del electrodo con ficha macho BNC.

Necesitamos bombas para dosificar los distintos tipos de soluciones. Las elegidas son unas bombas pequeñas que son utilizadas normalmente en los “sapitos” de los limpiaparabrisas de los automóviles. Estas bombas son alimentadas con 12v, de lo cual será necesario un módulo de relés para el manejo de las mismas.



**Figura N° 17:** Bomba dosificadora

Para trabajar con esos 12v, usamos unos módulos de relés. El mismo se alimenta con 5v, los cuales servirán para pegar el contacto del relé, y del otro lado tenemos la opción de usar el mismo como NO (Normal Open) o como NC (Normal Close) en donde se puede utilizar una tensión de 12v.



**Figura N° 18:** Módulo de relés.

Para no correr riesgo de quedarnos sin líquido en pleno proceso, el programa necesita saberlo antes de ejecutar la orden de dosificación. Para esto, en los depósitos de los líquidos se agregan sensores de nivel, los cuales fueron encontrados y comprados en la misma tienda donde se consiguieron la mayoría de los dispositivos electrónicos utilizados.

Estos funcionan con un contacto en su interior, quien se moverá con respecto al nivel del agua, en una posición permanece cerrado el circuito y en la otra permanece abierto. Dependiendo su posición será la lectura de la entrada del PIC.



**Figura N° 19:** Sensor de nivel.

Se recurrió a la utilización de un buzzer para dar alerta de la finalización del proceso.



**Figura N° 20:** Buzzer de 12v.

Se seleccionó un gabinete como contenedor de las placas, cables, conector BNC, pantalla LCD y botonera. El mismo es una caja estanca con medidas por defecto de fábrica, en la cual se debieron hacer modificaciones con respecto a cortes para adosar lo antes mencionado. La caja además como



---

presentación tiene un diseño de un vinilo el cual se adjunta en el anexo. Se utilizó una caja de paso estanca exterior 165x165x81 IP65 de la marca Roker.



**Figura N° 21:** Caja estanca para el instrumento

Como alimentación se utilizó una fuente de una impresora HP. Usando la salida de 32v, regulamos la tensión con un módulo de regulación Step-Down con un circuito integrado LM2596, de allí tenemos los 12v para las bombas, con un LM7805 tenemos los 5v para la placa de drivers para las bombas y, además, para alimentar la placa del corrector se usó un cargador de celular de 5v de la marca LG, ya que si se usaba la misma fuente de 5v generaba ruido en la pantalla LCD y el PIC.



**Figura N° 22:** Fuente impresora HP.



**Figura N° 23:** Fuente Step-Down con LM2596.



**Figura N° 24:** Cargador de 5v de celular LG.



### Diagrama de flujo

El programa fue realizado en lenguaje C++, el cual se compiló mediante un software de programación y compilación, consta de un programa con más de 700 líneas, quien se realizó para una piscina en especial, la cual tiene un volumen de 18.000 litros, las modificaciones a realizar para cualquier otra piscina son muy pocas y podrían realizarse fácilmente.

El programa se puede resumir con un diagrama de flujo como el siguiente:

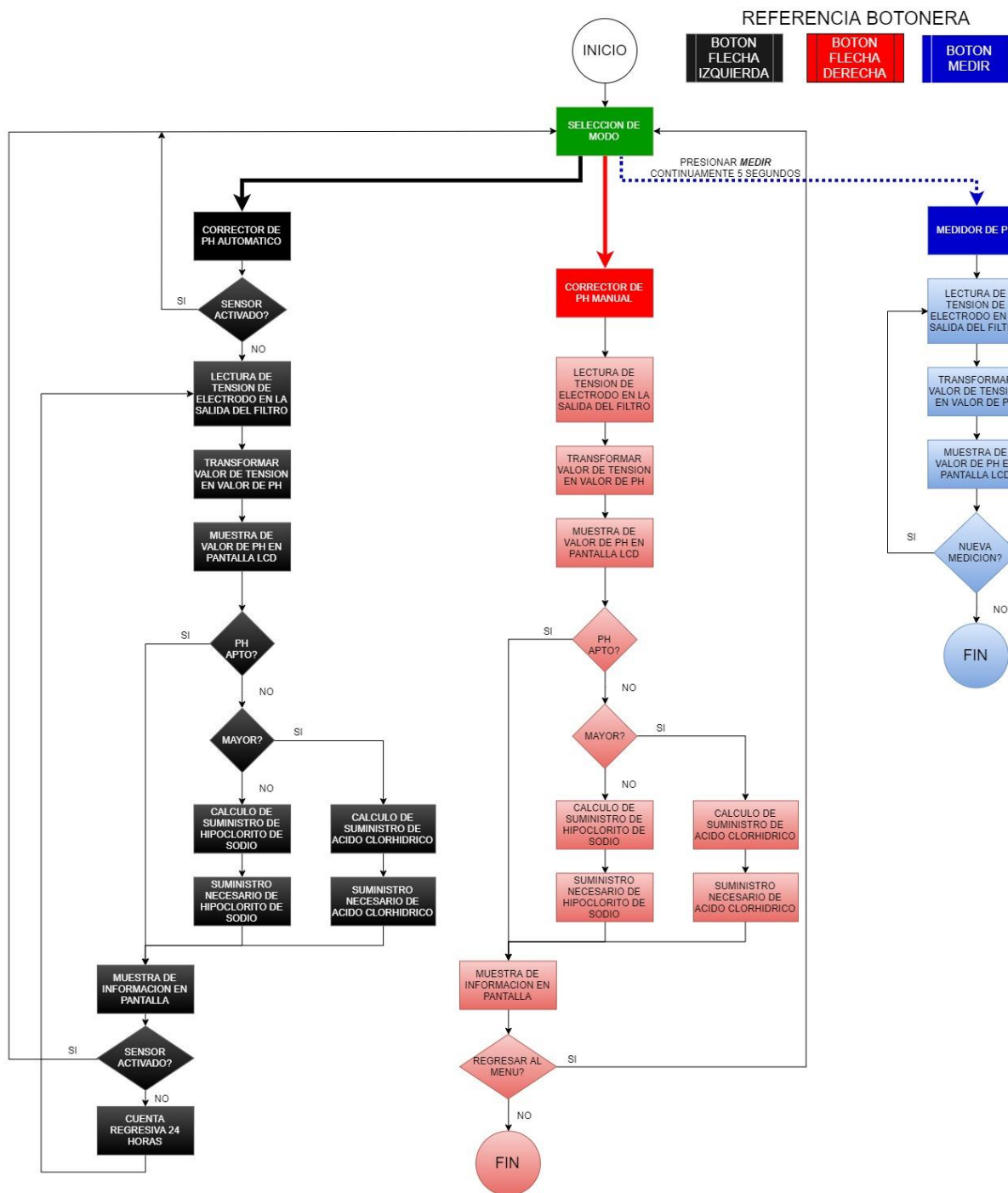


Figura N° 25: Diagrama de flujo del programa del instrumento.



## Manual de usuario

Imagen ilustrativa del instrumento:

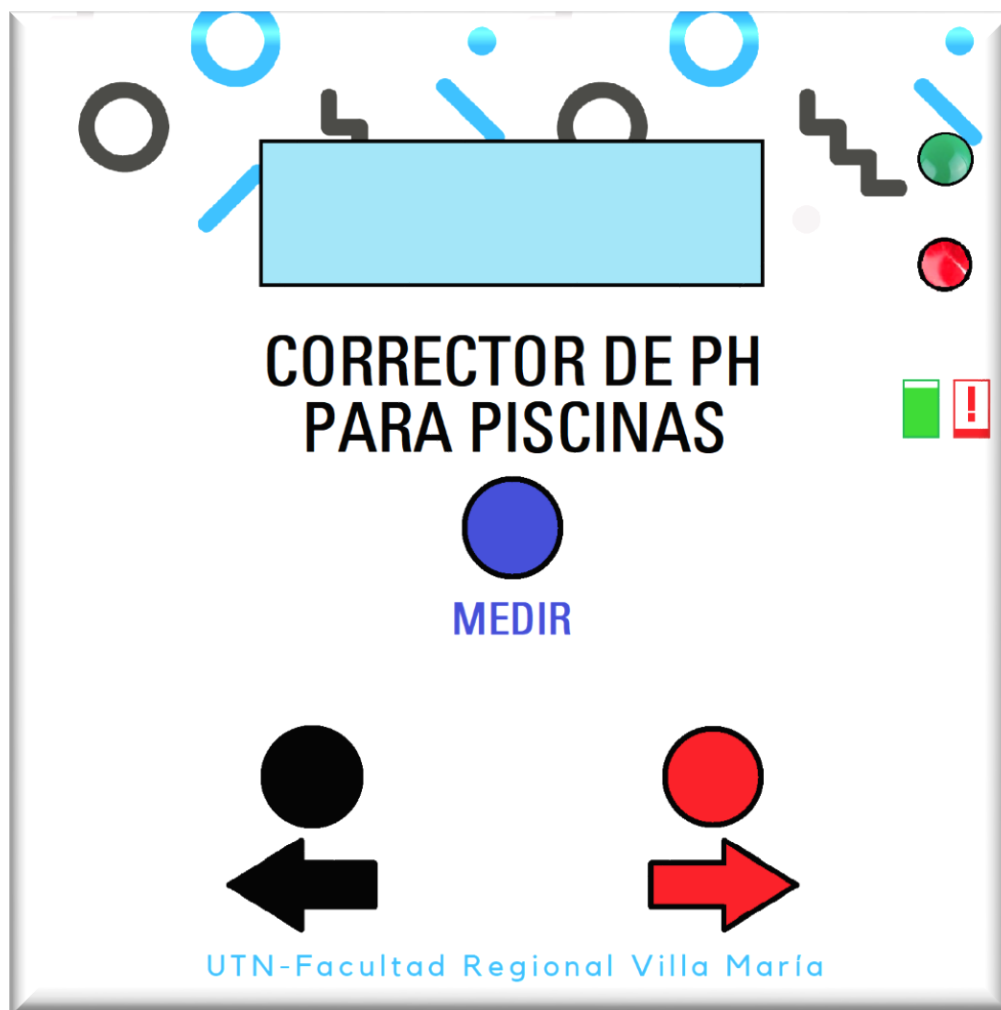


Figura N° 26: Imagen ilustrativa frontal del instrumento.

### Partes del instrumento:

El instrumento consta de una llave de encendido, tres botones, una pantalla LCD, el electrodo de pH, un cable con ficha DB9 y dos Leds indicadores como aviso para el nivel de los depósitos.

1)

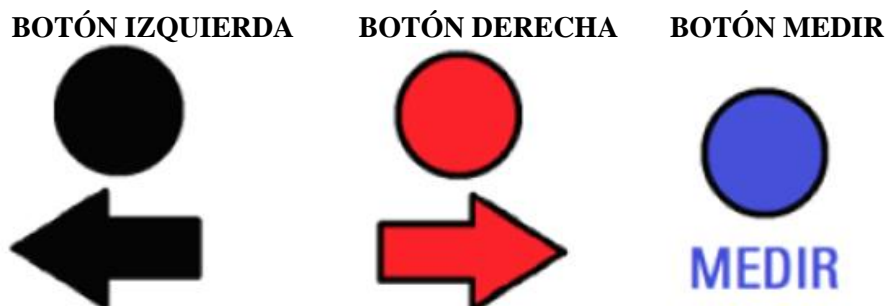


Figura N° 27: Botones del instrumento.

2)

Cable y ficha DB9 utilizada para la alimentación y manejo de bombas, sensores y buzzer.



Figura N° 28: Cable y ficha DB9.

3)

Display de cristal líquido 16x2, quien nos servirá de interfaz de usuario junto a los botones.



Figura N° 29: LCD 16x2.



4)

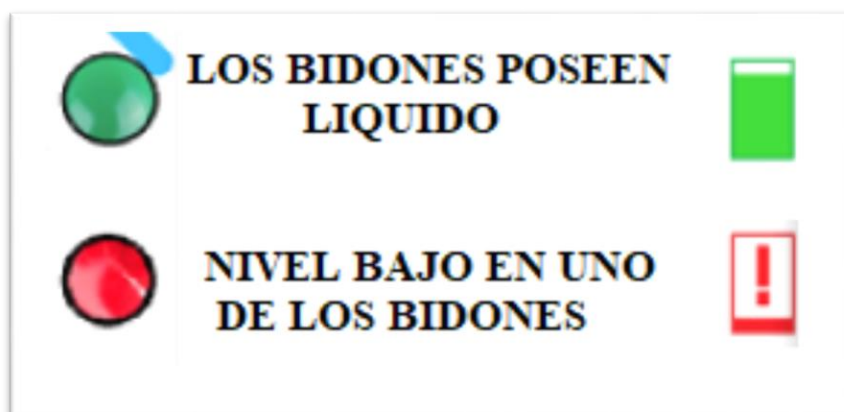
**Electrodo de medición de pH**



**Figura N° 30:** Electrodo de pH.

5)

**Leds de alerta de nivel de los depósitos.**



**Figura N° 31:** Imagen ilustrativa de los leds de alerta de nivel de los bidones.



### Encendido:

Para utilizar el instrumento la caja de alimentación deberá estar conectada a 220v y poseer conectada la ficha DB9, de no ser así, el Buzzer sonará continuamente hasta que lo conectemos.

Al encender el instrumento desde la llave, en la pantalla LCD nos dará el siguiente mensaje de bienvenida.



Figura N° 32: Mensaje de inicio de instrumento.

### Selección de modos:

Este instrumento posee la posibilidad de actuar en dos modos principales que son el Modo Manual y el Modo Automático, además se incorpora de forma “oculta” el Modo Medidor.

En la pantalla nos indicará que entramos en la Selección de modo de la siguiente manera:



Figura N° 33: Bienvenida a Selección de modo.

Luego aparecerá en pantalla la siguiente imagen, en la cual nos da a seleccionar entre Modo Automático (*BOTÓN IZQUIERDA*) y Modo Manual (*BOTÓN DERECHA*). En caso de querer entrar en Modo Medidor, dejaremos pulsado el *BOTÓN MEDIR* continuamente durante cinco segundos.



Figura N° 34: Pantalla de Selección de Modo.



---

### Modos de operación del instrumento:

**MODO MANUAL:** Aquí el instrumento entra en el modo de mayor información para el usuario, el más interactivo, en el cual puede cancelar una operación.

Al entrar aquí, el primer mensaje en pantalla será el siguiente:



**Figura N° 35:** Primer mensaje en modo manual.

Si pulsamos *BOTÓN MEDIR*, procederá, si pulsamos *BOTÓN IZQUIERDA*, volverá al inicio. Pulsando *BOTÓN MEDIR* veremos lo siguiente:



**Figura N° 36:** Mensaje mientras realiza medición.

Allí fue tomando muestras de la tensión del electrodo para darnos la siguiente información:



**Figura N° 37:** Valor leído en el electrodo en esos momentos.

El valor puede ser muy bajo, apto o muy alto (*BAJO*<7.2<*APTO*<7.6<*ALTO*). Para el caso de ser muy bajo mostrara:



**Figura N° 38:** Información en pantalla si el pH es muy bajo.

Ahora el programa nos otorgará la posibilidad de elegir si queremos corregir el pH (*BOTÓN*



*DERECHA*), o volver atrás (*BOTÓN IZQUIERDA*), dado de que el valor puede estar muy cercano, o no queremos que se realice la corrección en ese momento.



**Figura N° 39:** Pantalla de decisión de corrección, caso pH bajo.

Luego comienza la dosificación de Hipoclorito de Sodio en este caso, y mientras lo está haciendo muestra lo siguiente:



**Figura N° 40:** Pantalla mientras suministra Hipoclorito de Sodio.

Al terminar sonara una alarma y mostrara lo siguiente:



**Figura N° 41:** Pantalla mientras suena la alarma de finalizado.

Al finalizar de sonar la alarma termina el proceso, para salir y regresar al menú principal debemos pulsar *BOTÓN IZQUIERDA*:



**Figura N° 42:** Fin del proceso de suministro de Ácido Clorhídrico.



Para el caso de ser muy alto:



Figura N° 43: Valor leído en el electrodo en esos momentos.



Figura N° 44: Pantalla de información en caso pH alto.

En la imagen siguiente podremos seguir con la corrección (*BOTÓN DERECHA*) o volver al menú principal (*BOTÓN IZQUIERDA*).



Figura N° 45: Pantalla de decisión de corrección, caso pH alto.

Luego comienza la dosificación de Ácido clorhídrico en este caso, y mientras lo está haciendo muestra lo siguiente:



Figura N° 46: Pantalla mientras se da el suministro de Ácido Clorhídrico.



Al terminar sonará una alarma y mostrará lo siguiente:



**Figura N° 47:** Pantalla mientras suena la alarma de finalizado.

Al finalizar de sonar la alarma termina el proceso, para salir y regresar al menú principal debemos pulsar **BOTÓN IZQUIERDA**:



**Figura N° 48:** Fin del proceso de suministro de Hipoclorito de Sodio.

En el caso de que el pH se encuentre entre 7.2 y 7.6 y no sea necesario regular el pH solo nos dará información en pantalla. Luego podremos optar por regresar al menú principal.



**Figura N° 49:** Muestra de medida.



**Figura N° 50:** Información de medida.

Al presionar **BOTÓN IZQUIERDA** regresaremos al menú principal.



**Figura N° 51:** Pantalla final pH apto.

En este modo cabe mencionar que, si uno de los sensores de nivel se encuentra activo, antes de realizar la dosificación, además de que tendremos el LED rojo encendido, en pantalla nos dará a elegir de si queremos que use lo que queda de líquido, o si queremos llenarlo para que no nos quedemos sin mientras está suministrando y generar algún problema como puede ser que las bombas sigan haciendo pasar aire. Lo que mostrara es lo siguiente en caso de Hipoclorito de Sodio:



**Figura N° 52:** Pantalla advertencia bidón de Hipoclorito de Sodio.



**Figura N° 53:** Pantalla advertencia bidón de Hipoclorito de Sodio.

Y en caso de Ácido clorhídrico:



**Figura N° 54:** Pantalla advertencia bidón de Ácido Clorhídrico.



**Figura N° 55:** Pantalla advertencia bidón de Ácido Clorhídrico.

En los dos casos, tendremos la opción de continuar (*BOTÓN DERECHA*) y correr el riesgo de no terminar la corrección, o la opción de volver al menú principal (*BOTÓN IZQUIERDA*) para rellenar el depósito correspondiente.

Se recomienda esperar desde 3 a 4 horas para volver a medir y ver si la reacción ha sido exitosa.

***MODO AUTOMATICO:*** En este modo tendremos menos información en pantalla, dado que, no tenemos que presionar para medir, ni decidir si queremos o no dosificar los líquidos. Además, al finalizar el proceso comenzará una cuenta regresiva de 24 horas para volver a realizar la misma tarea de forma automática y la misma será mostrada en pantalla.

*Es de suma importancia saber que, si alguno de los sensores de nivel bajo de los bidones se encuentra activo, por seguridad saldrá de forma instantánea del Modo Automático.*

Pantalla de bienvenida:



**Figura N° 56:** Pantalla de bienvenida a Modo Automático.

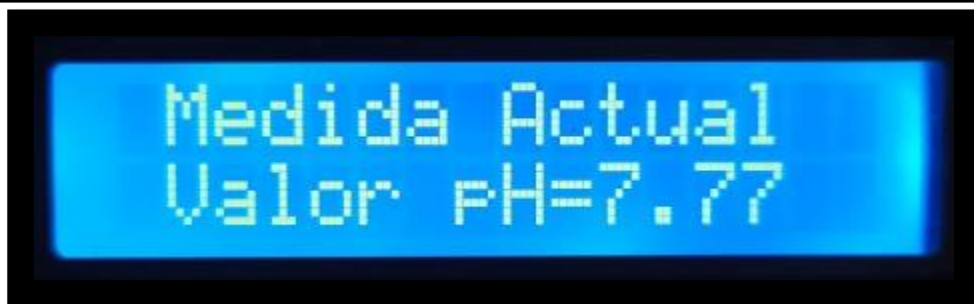
Luego comienza sin acción alguna del usuario, a medir el pH.



**Figura N° 57:** Mensaje mientras realiza medición automática.

Ahora existirán tres casos igual que antes, en el caso de ser alto el pH, comenzará a suministrar directamente el Ácido clorhídrico y mostrará:





**Figura N° 58:** Medida de pH alto.



**Figura N° 59:** Pantalla mientras suministra Ácido Clorhídrico.



**Figura N° 60:** Pantalla de espera de 24 horas para volver a comenzar.

En el caso de tener un pH bajo, realizara la dosificación de Hipoclorito de Sodio de forma instantánea y nos mostrara lo siguiente en pantalla:



**Figura N° 61:** Medida de pH bajo.



Figura N° 62: Pantalla mientras suministra Hipoclorito de Sodio.



Figura N° 63: Pantalla de espera de 24 horas para volver a comenzar.

En caso de tener un pH apto solo comenzara la cuenta regresiva mostrando el tiempo en pantalla.

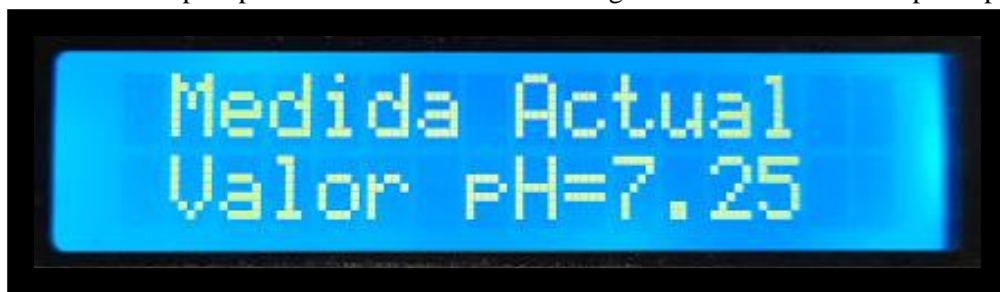


Figura N° 64: Medida apta.



Figura N° 65: Mensaje en espera de 24 horas luego de medida apta.

***MODO MEDIDOR:*** Este modo está de cierta forma oculto, dado que en pantalla no se ofrece el ingreso a ese modo, dado que el instrumento es un corrector y en este modo solo será un medidor de pH. Se usará en casos en los que llevamos solo el instrumento, sin la caja de potencia y el manejo de bombas. Para ello tenemos dentro del instrumento una fuente de alimentación de 5v y una entrada de cable de 220v AC. Todo esto es para más comodidad para el usuario cuando necesita medir un pH de cualquier solución sin necesidad de realizar una corrección.



Entraremos a este modo presionando el *BOTÓN MEDIR* durante cinco segundos de manera continua.

En este caso solo se usará el *BOTÓN MEDIR* para realizar medición, o para realizar otra en momento de cambio de solución.

En las siguientes imágenes se muestra el modo PH-METRO:



**Figura N° 66:** Mensaje de bienvenida PH-METRO digital.



**Figura N° 67:** Espera a pulsar *BOTÓN MEDIR* para realizar medición.



**Figura N° 68:** Mensaje mientras realiza medición.



**Figura N° 69:** Muestra en pantalla el valor medido.

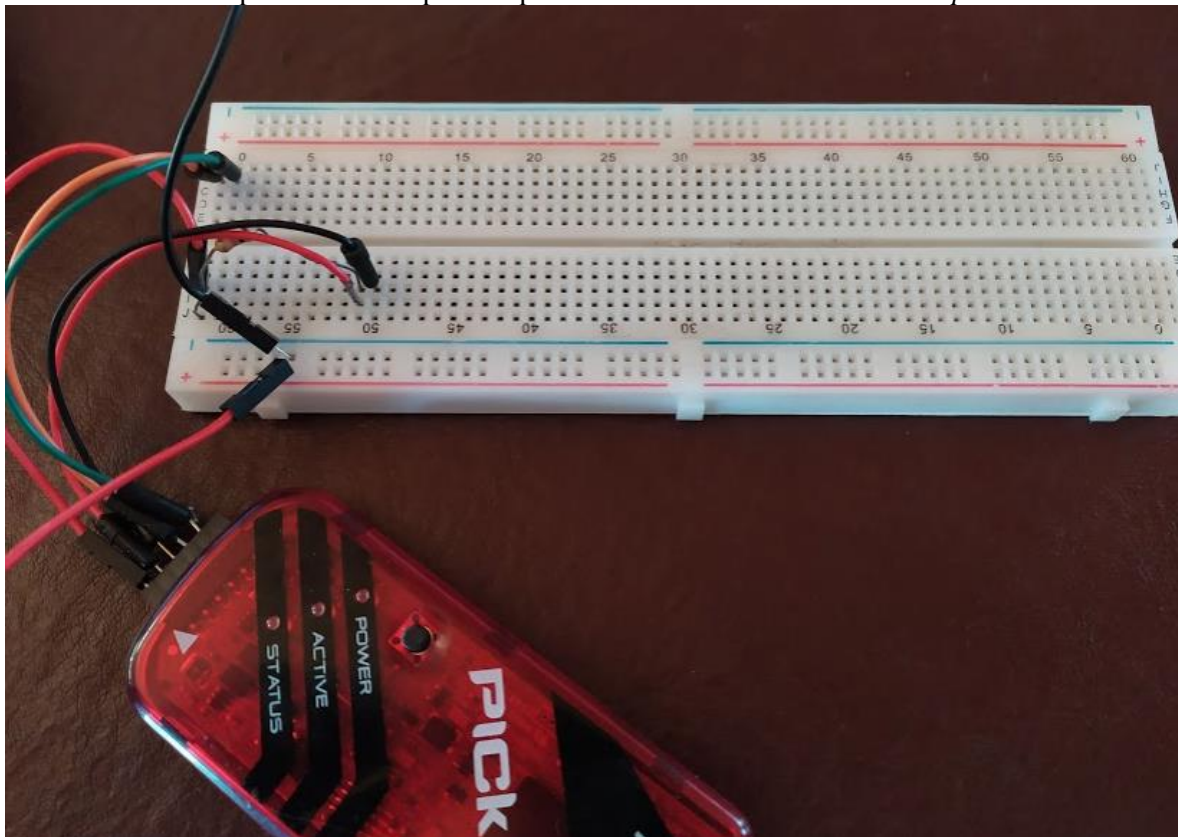


---

## Evaluación Final del Sistema

### Pruebas y ensayos previos al prototipo final

Se fueron haciendo pruebas en una placa experimentadora o normalmente llamada *protoboard*.



**Figura N° 70:** Protoboard utilizada para programar y simular.

Se usó un software de simulación y creación de PCB que fue utilizado durante la carrera de ingeniería electrónica.

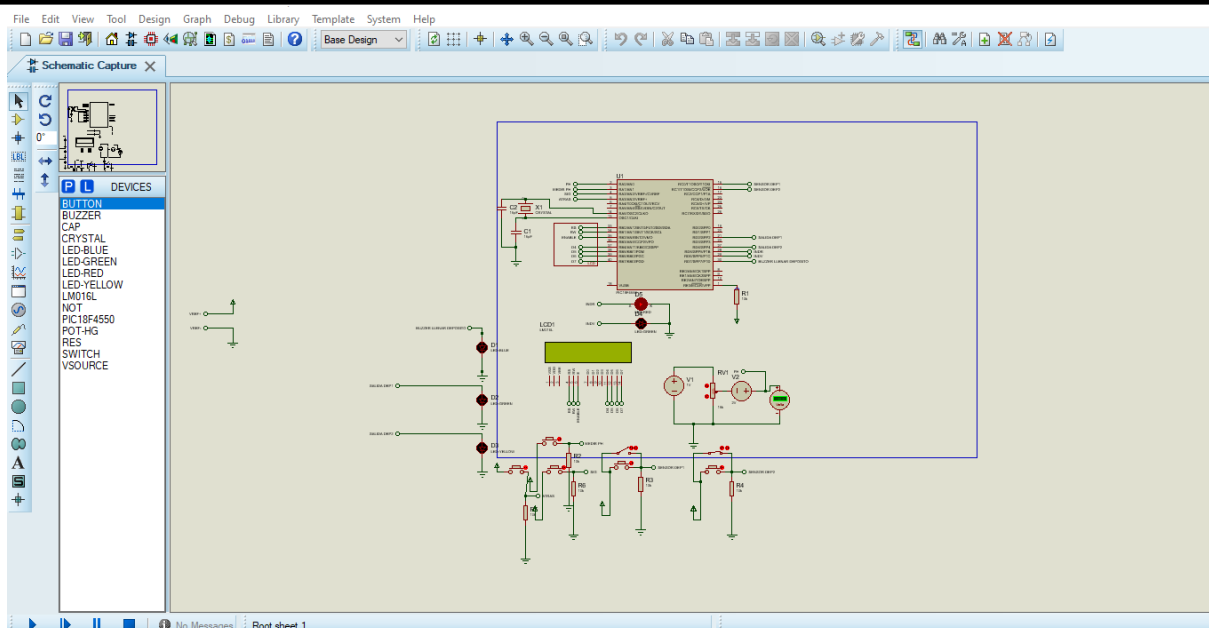


Figura N° 71: Simulación en software.

Comenzando, una de las primeras placas realizadas, la cual fue usada solo como medidor de pH fue la siguiente:

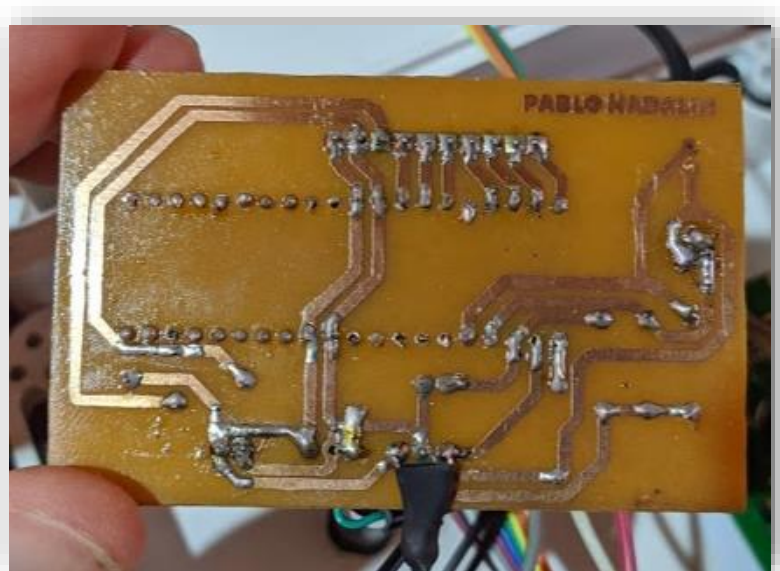
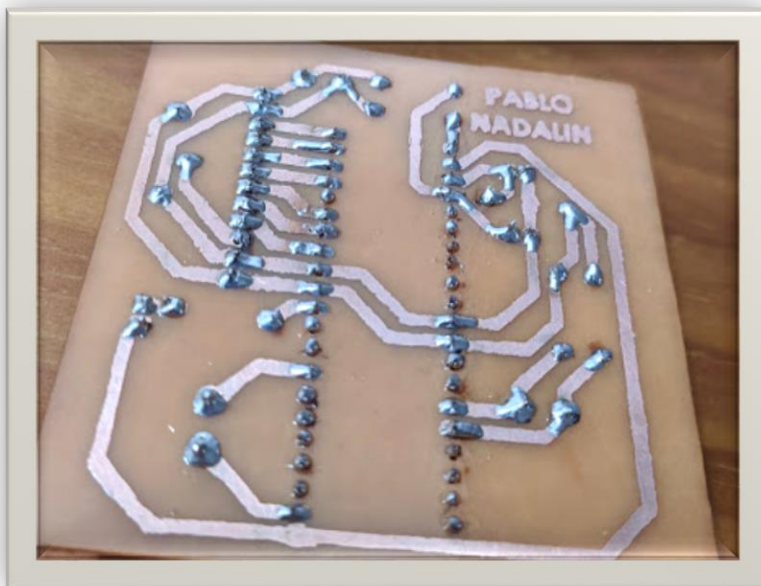
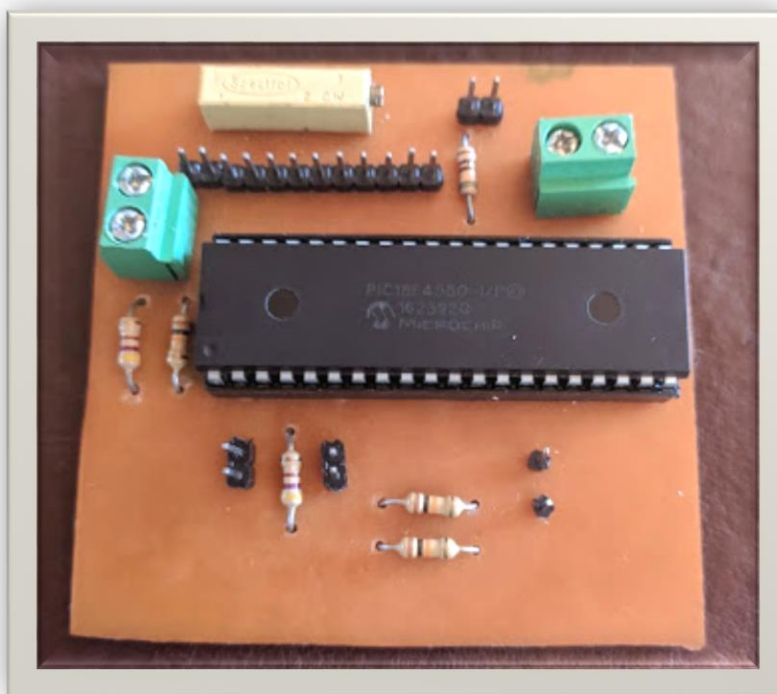


Figura N° 72: Placa PH-METRO.

Luego se incorporaban cosas al programa y para reducción de errores siempre se recurría al PCB, dado que en protoboard teníamos problemas al simular:



**Figura N° 73:** Placa Corrector, cual no tenía cristal externo y no agradaba su estética.



**Figura N° 74:** Placa Corrector, cual no tenía cristal externo y no agradaba su estética.

## Diseño de placas

En el diseño de la placa se debía tener en cuenta que allí se tendrían que hallar los siguientes componentes: Microcontrolador, circuito oscilador externo, borneras para entradas como tensión de electrodo, sensores de nivel y alimentaciones; borneras para salidas como control de bombas y leds de advertencia; pines para la conexión del LCD y su potenciómetro para control de contraste y luminosidad. Se realizó en un software de simulación.

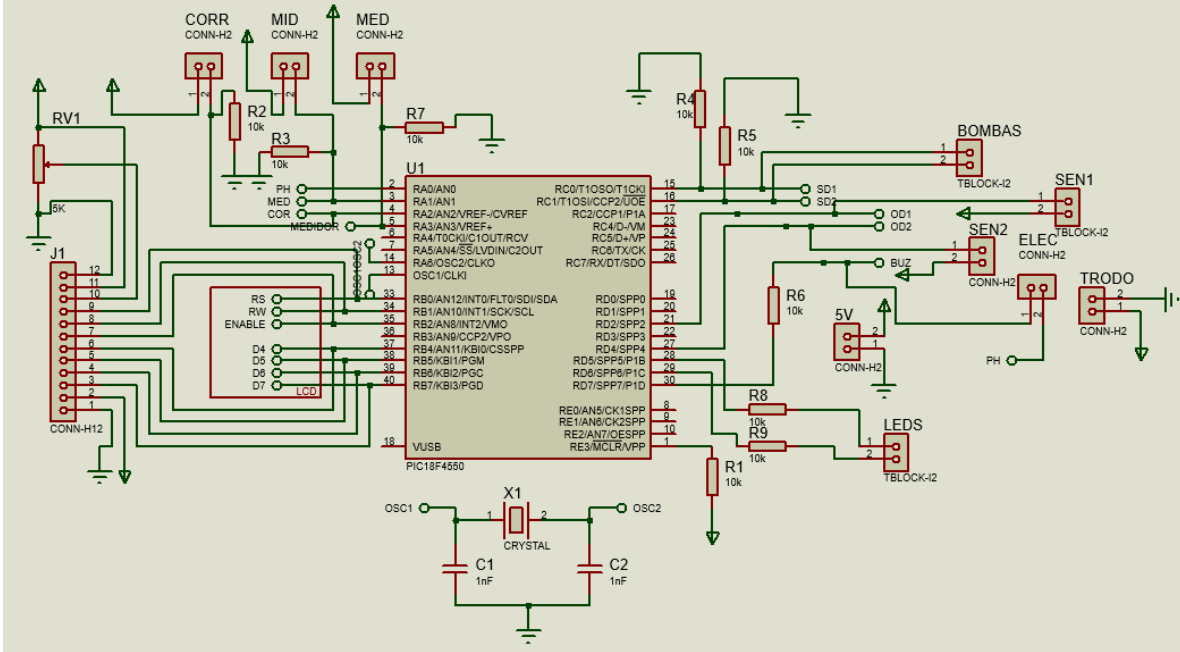


Figura N° 75: Diseño esquemático placa corrector.

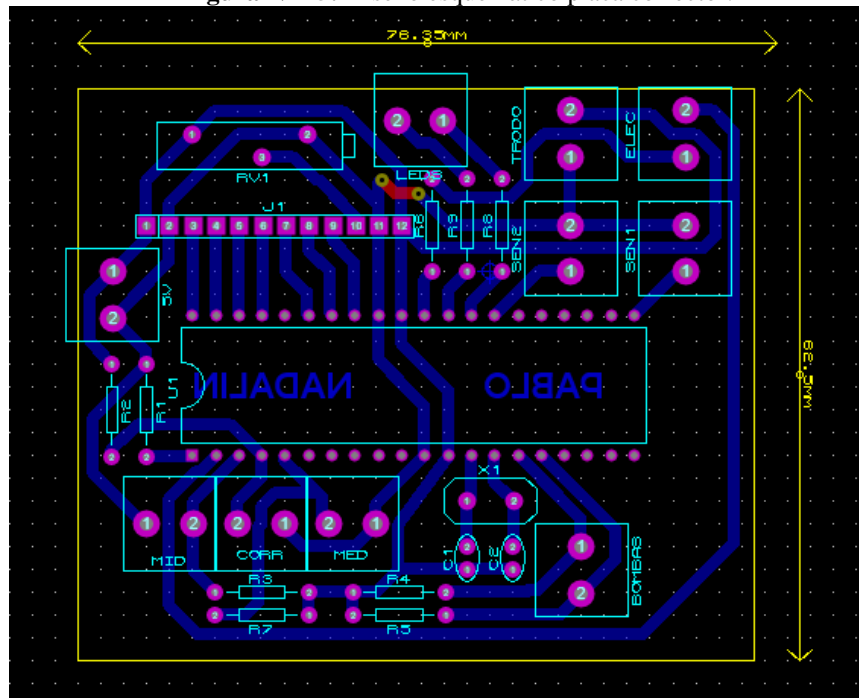


Figura N° 76: PCB placa corrector.

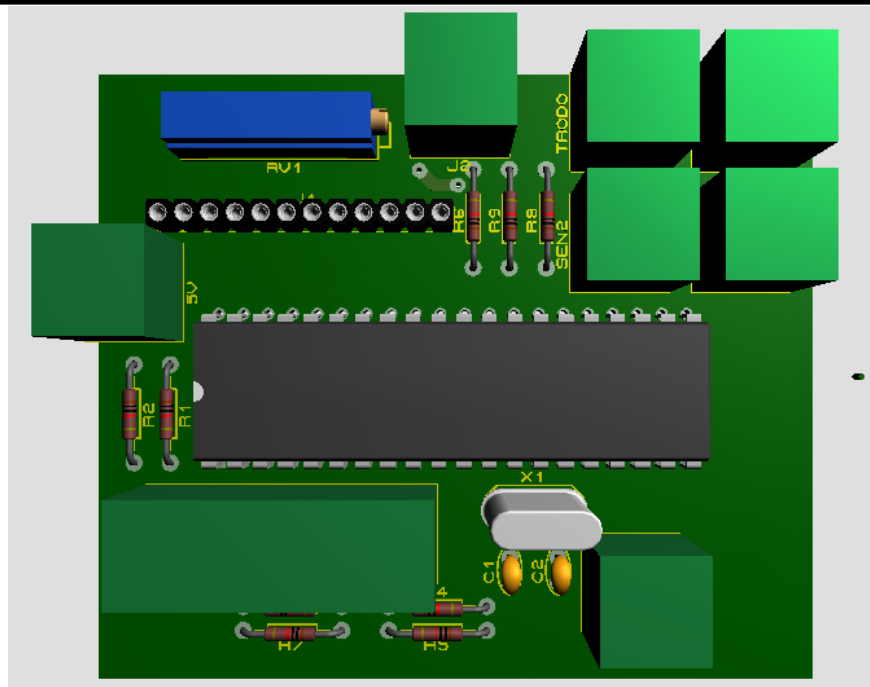


Figura N° 77: Vista 3D aérea placa corrector.

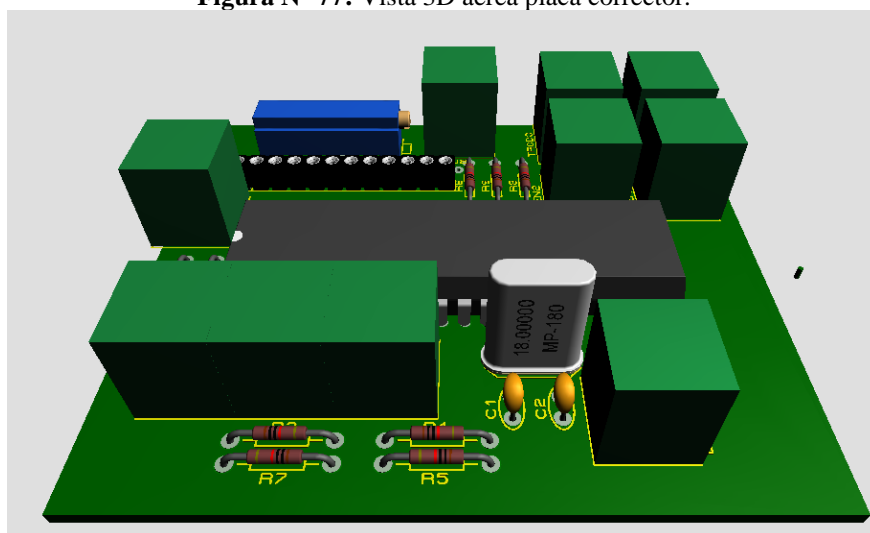


Figura N° 78: Vista 3D frontal placa corrector.

Se utilizo el método de planchado con una impresión del circuito en modo espejo.



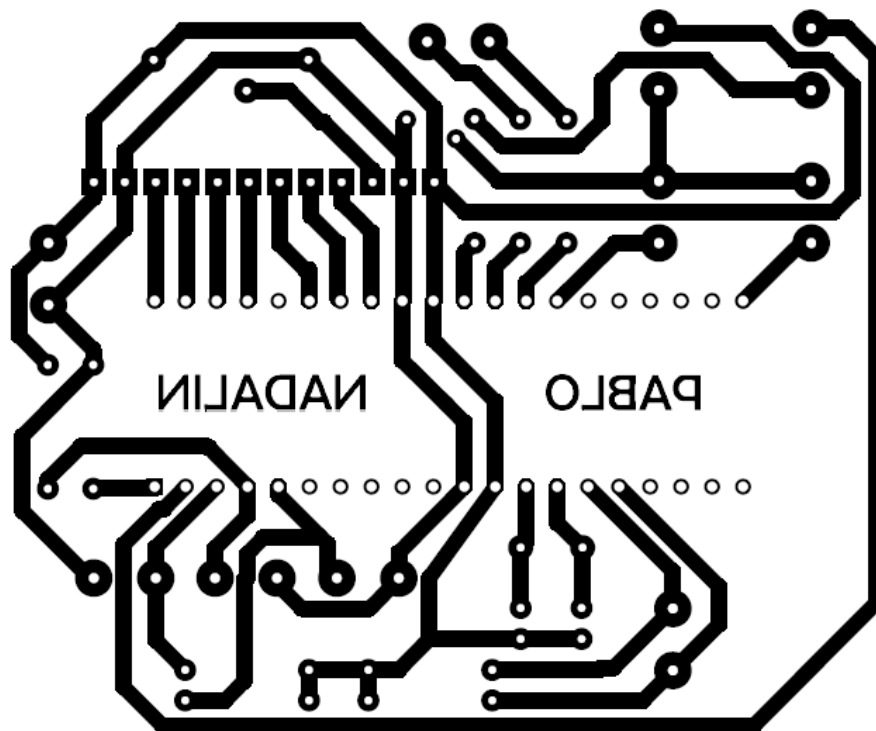


Figura N° 79: Impresión de circuito en modo espejo.

### Montaje y ensayo real del prototipo

La placa final para el prototipo fue la siguiente:

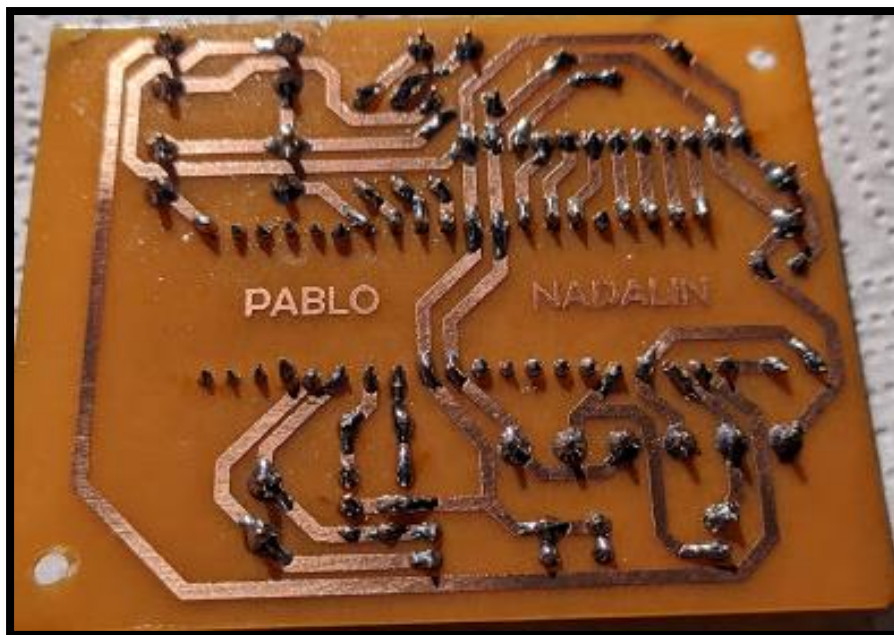
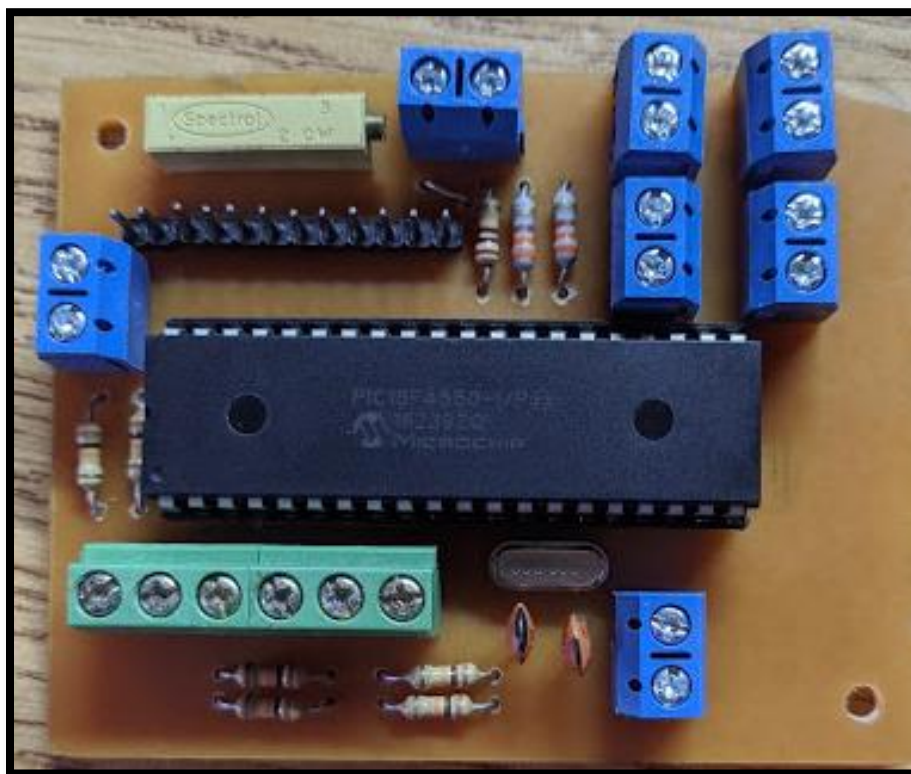


Figura N° 80: Placa final del Corrector.



**Figura N° 81:** Placa final del Corrector.

También los bidones tuvieron que sufrir modificaciones para la inclusión de los sensores de nivel, y para las salidas del líquido para las bombas.

Se utilizó un bidón de 20 litros para el Hipoclorito de Sodio, y uno de 10 litros para el Ácido Clorhídrico.

Para una piscina de 18.000 litros como la que usaremos, el valor mínimo de litros de Hipoclorito de Sodio a la hora de una posible corrección será de 6 litros, y en el caso de Ácido clorhídrico, 4 litros. El caso del HCl es más inusual, dado de que el pH en una piscina tiende a bajar.

Ellos quedaron así:



**Figura N° 82:** Modificaciones en bidón de Hipoclorito de Sodio.



**Figura N° 83:** Modificaciones en bidón de Ácido Clorhídrico.

Se recurrió a la construcción de una caja de madera para:

- Contener la alimentación del instrumento y alimentación para las bombas y sensores de nivel.
- Contener los módulos de relés para las bombas.
- Salida de cable con conexión a través de ficha del tipo DB9 para el instrumento.
- Salida de cable para las bombas y sensores de nivel.
- Buzzer de aviso.
- Refrigeración del contenido a través de un cooler con sus respectivos agujeros para salida de aire.
- Tecla de encendido de la fuente.
- Hembra para cable de 220V AC.

Se muestra en las siguientes imágenes:



**Figura N° 84:** Caja de madera: Salida de aire, Ficha hembra 220v, Tecla de encendido de fuente.



**Figura N° 85:** Salida de cables para bombas y sensores, salida de cables para el instrumento.



**Figura N° 86:** Caja de madera: Ficha DB9 para el instrumento, y placa con borneras para alimentación las bombas y sensores.

El instrumento tiene una presentación en una caja estanca la cual contiene:

- Botón de encendido
- LCD 16x2 como display de interfaz para el usuario.
- Ficha hembra DB9 para comunicación con los módulos de relé, buzzer y sensores de nivel.
- Leds indicadores de alerta de nivel de los bidones.
- Ficha BNC para el electrodo de pH.
- Ficha hembra de 220v para uso exclusivo del instrumento solo como ph-metro digital.



Figura N° 87: Caja estanca del instrumento.



Figura N° 88: Caja estanca instrumento: Hembra DB9, Hembra 220v, Botón de encendido.



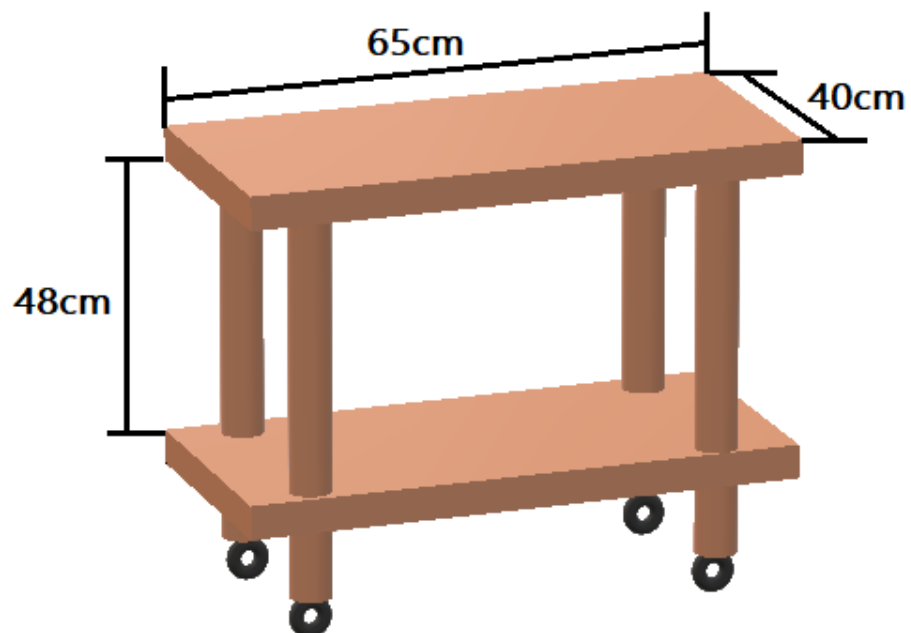
**Figura N° 89:** Caja estanca instrumento: Ficha BNC para el electrodo de pH.



**Figura N° 90:** Caja estanca instrumento: Botonera, LCD 16x2, Leds de notificación.

Se utilizó una mesa de TV para usar con comodidad el instrumento y posicionar los bidones con los líquidos. Se ilustra en la siguiente imagen con sus medidas:





**Figura N° 91:** Ilustración mesa TV con las medidas principales.



---

### **Presentación final del prototipo:**

En las siguientes imágenes se podrá apreciar la presentación final del prototipo ya en funcionamiento:



**Figura N° 92:** Prototipo final vista aérea.

Allí vemos el instrumento conectado a través de la ficha DB9 el cual se puede mover respetando el largo del mismo. Conectado al instrumento está el electrodo con el que realizamos la medición. También se encuentra la caja de alimentación.



**Figura N° 93:** Prototipo final vista frontal.



**Figura N° 94:** Prototipo final lado trasero.

Podemos apreciar la localización de los dos bidones y su conexión con las bombas y luego las válvulas antirretornos. También podemos observar la salida de los cables de los sensores de nivel.

El bidón de hipoclorito de sodio queda de la siguiente manera:



**Figura N° 95:** Prototipo final, bidón de Hipoclorito de Sodio.



**Figura N° 96:** Prototipo final, bidón de Ácido Clorhídrico.



## Conclusiones

Como punto principal cabe aclarar lo importante de un proyecto final en una carrera de grado de estas características. Aquí tratamos de demostrar todo lo aprendido, pero, además, uno se pone a prueba en todos los sentidos.

Se tuvo que aprender a planificar, a organizarse de buena manera, aprender a usar nuevas herramientas que a su vez serán de mucha utilidad a lo largo de nuestra vida.

También se tuvo que buscar cuales elementos usar para llevar a cabo las tareas que en primer momento queríamos realizar, teniendo en cuenta el aspecto económico que es un punto muy importante en mi caso especial, ya que se realizó sin tener un ingreso económico dado a la condición de desempleado.

Al ir avanzando en el proyecto uno iba viendo todo lo que cambió en varios aspectos, se comienza a tener en cuenta muchísimas cosas que nunca se hubiera imaginado al comienzo del mismo.

Lo difícil fue que, en todo momento, se veía que se podía perfeccionar algo, y se trataba de hacerlo, lo cual era una quita de tiempo, a su vez, era reconfortante poder realizarlo.

La construcción del informe tratando de demostrar todo lo que se fue haciendo durante el proceso se tornó engorroso dado que, todo lo que se hacía no se iba anotando en su totalidad desde el comienzo. El tiempo demandado fue considerable.

El instrumento en las pruebas finales tuvo el funcionamiento adecuado y mejor de lo que se había pensado en los orígenes de la idea del proyecto.

Un instrumento de estas características, realizado con la materia prima e instrumentos adecuados, con una buena inversión económica, podría ser una gran idea para realizar futuras ventas.



---

## Bibliografía

- [1] Microcontroladores PIC: Sistema integrado para el autoaprendizaje. MARCOMBO, EDICIONES TECNICAS 2007, MARCOMBO S.A. Enrique Mandado Pérez, Luis Menéndez Fuertes, Luis Fernández Ferreira, Emilio López Matos.
- [2] Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC. Fernando E. Valdés Pérez Ramón Pallás Areny. 3Q editorial.
- [3] Datasheet del microcontrolador PIC18F4550, MICROCHIP. Recuperado de:  
<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F4550>
- [4] Manuales de lenguaje C. Recuperado de:  
<https://informatica.uv.es/estguia/ATD/apuntes/laboratorio/Lenguaje-C.pdf>
- [5] Información sobre pH. Recuperado de: <https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/>
- [6] Información sobre el agua. Recuperado de: <https://agua.org.mx/que-es/>
- [7] PH en piscinas. Recuperado de: <https://www.tuandco.com/aprendeymejora/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-ph-en-la-piscina/>
- [8] Información sobre hipoclorito de sodio. Recuperado de:  
<https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-hipoclorito-de-sodio.htm>
- [9] Biología (2009): El agua: Propiedades químicas. Recuperado de:  
<http://biologia.laguia2000.com/bioquimica/el-agua-propiedades-quimicas>
- [10] Organización Mundial de la Salud (2017): Agua, saneamiento y salud (ASS).  
Recuperado de: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/mdg1/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/)
- [11] Manual Hipoclorito de Sodio. Recuperado de:  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia18.pdf>
- [12] Información sobre Ácido Clorhídrico. Recuperado de:  
[https://www.ecured.cu/%C3%81cido\\_clorh%C3%ADdrico](https://www.ecured.cu/%C3%81cido_clorh%C3%ADdrico)
- [13] Información sobre medida de pH. Recuperado de:  
<http://www.ehu.eus/biomoleculas/ph/medida.htm>



## Anexo I: Tablas de pruebas.

La siguiente tabla se usó para el cálculo de suministro de líquidos en los distintos casos de pH.

| pH      | Tensión | Solución agregada            | Cantidad/%   | pH final | Tensión final |
|---------|---------|------------------------------|--------------|----------|---------------|
|         | 3,22    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 5ml/0,1%     |          | 3,14          |
|         | 3,14    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 5ml/0,1%     | 5,5      | 2,74          |
| 5,5     | 2,74    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 3ml/0,06%    | 6,1      | 2,64          |
| 6,1     | 2,64    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 6,3      | 2,6           |
| 6,3     | 2,6     | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 6,5      | 2,57          |
| 6,5     | 2,57    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 6,7      | 2,54          |
| 6,7     | 2,54    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 6,9      | 2,51          |
| 6,9     | 2,51    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7        | 2,49          |
| 7       | 2,49    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7,2      | 2,47          |
| 7,2     | 2,47    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7,3      | 2,45          |
| 7,3     | 2,45    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7,4      | 2,43          |
| 7,4     | 2,43    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7,4/7,5  | 2,42          |
| 7,4/7,5 | 2,42    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7,5      | 2,41          |
| 7,5     | 2,41    | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7,6      | 2,4           |
| 7,6     | 2,4     | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 2ml/0,04%    | 7,6/7,7  | 2,39          |
| 9,2     | 2,11    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 9        | 2,16          |
| 9       | 2,16    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 8,8      | 2,19          |
| 8,8     | 2,19    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 8,7      | 2,22          |
| 8,7     | 2,22    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 8,5      | 2,25          |
| 8,5     | 2,25    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 8,3/8,4  | 2,28          |
| 8,3/8,4 | 2,28    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,2ml/0,004% | 8,3      | 2,29          |
| 8,3     | 2,29    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,2ml/0,004% | 8,1/8,2  | 2,31          |
| 8,1/8,2 | 2,31    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,2ml/0,004% | 8,1      | 2,32          |
| 8,1     | 2,32    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,2ml/0,004% | 8        | 2,33          |
| 8       | 2,33    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,2ml/0,004% | 7,9/8    | 2,34          |
| 7,9/8   | 2,34    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,2ml/0,004% | 7,9      | 2,35          |
| 7,9     | 2,35    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 7,8      | 2,36          |
| 7,8     | 2,36    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 7,7/7,8  | 2,37          |
| 7,7/7,8 | 2,37    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,4ml/0,008% | 7,7      | 2,38          |
| 7,7     | 2,38    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,6ml/0,012% | 7,6      | 2,4           |
| 7,6     | 2,4     | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,6ml/0,012% | 7,5      | 2,415         |
| 7,5     | 2,415   | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,6ml/0,012% | 7,4/7,5  | 2,42          |
| 7,4/7,5 | 2,42    | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,6ml/0,012% | 7,4      | 2,435         |
| 7,4     | 2,435   | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,8ml/0,016% | 7,3      | 2,455         |

**Tabla N° 2:** Tabla de pruebas dosificación de líquidos.





Aquí están los porcentajes de líquidos en cada caso:

| ph Actual | Solución a dosificar         | Porcentaje a dosificar | pH final |
|-----------|------------------------------|------------------------|----------|
| 6,1       | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 0,28                   | 7,3      |
| 6,3       | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 0,24                   | 7,3      |
| 6,5       | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 0,2                    | 7,3      |
| 6,7       | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 0,16                   | 7,3      |
| 6,9       | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 0,12                   | 7,3      |
| 7         | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 0,08                   | 7,3      |
| 7,2       | Hipoclorito de sodio (96g/l) | 0,04%(NO DOSIFICAR)    | 7,3      |
| 8,3       | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,08                   | 7,5      |
| 8,1       | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,072                  | 7,5      |
| 8         | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,064                  | 7,5      |
| 7,9       | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,06                   | 7,5      |
| 7,8       | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,044                  | 7,5      |
| 7,7       | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,036                  | 7,5      |
| 7,6       | Ácido clorhídrico (19%)      | 0,024                  | 7,5      |

**Tabla N° 3:** Tabla de porcentajes de líquidos.



## Anexo II: Hojas de datos.

A continuación, se adjuntan resúmenes de hojas de datos de los componentes principales utilizados en el proyecto.



# MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

## 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

### Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

### Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8  $\mu$ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1  $\mu$ A typical
- Timer1 Oscillator: 1.1  $\mu$ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1  $\mu$ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

### Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
  - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

### Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
  - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns ( $T_{CY}/16$ )
  - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns ( $T_{CY}$ )
  - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - Multiple output modes
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
  - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

### Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

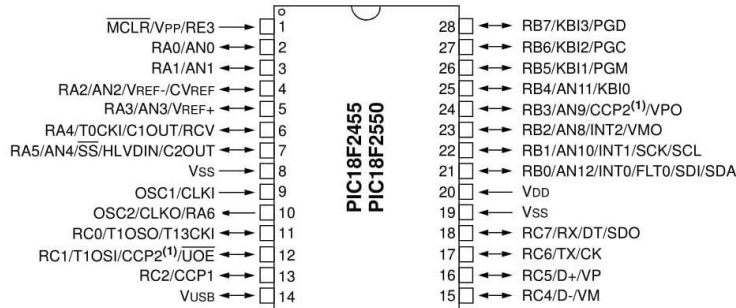
| Device     | Program Memory |                            | Data Memory  |                | I/O | 10-Bit A/D (ch) | CCP/ECCP (PWM) | SPP | MSSP |                          | EAUSART | Comparators | Timers 8/16-Bit |
|------------|----------------|----------------------------|--------------|----------------|-----|-----------------|----------------|-----|------|--------------------------|---------|-------------|-----------------|
|            | Flash (bytes)  | # Single-Word Instructions | SRAM (bytes) | EEPROM (bytes) |     |                 |                |     | SPI  | Master I <sup>2</sup> C™ |         |             |                 |
| PIC18F2455 | 24K            | 12288                      | 2048         | 256            | 24  | 10              | 2/0            | No  | Y    | Y                        | 1       | 2           | 1/3             |
| PIC18F2550 | 32K            | 16384                      | 2048         | 256            | 24  | 10              | 2/0            | No  | Y    | Y                        | 1       | 2           | 1/3             |
| PIC18F4455 | 24K            | 12288                      | 2048         | 256            | 35  | 13              | 1/1            | Yes | Y    | Y                        | 1       | 2           | 1/3             |
| PIC18F4550 | 32K            | 16384                      | 2048         | 256            | 35  | 13              | 1/1            | Yes | Y    | Y                        | 1       | 2           | 1/3             |



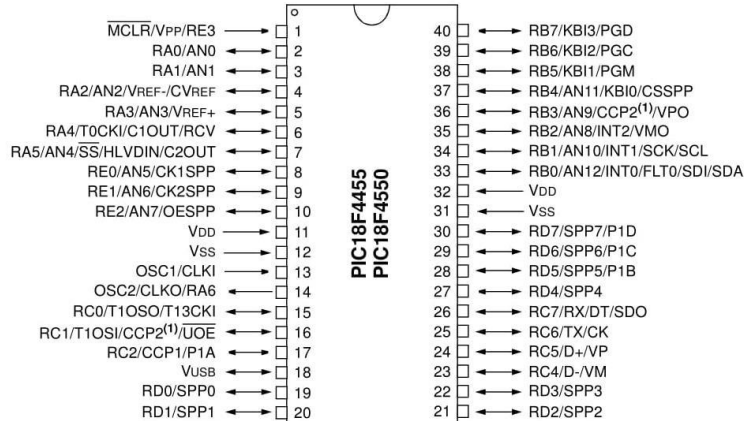
# PIC18F2455/2550/4455/4550

## Pin Diagrams

### 28-Pin PDIP, SOIC



### 40-Pin PDIP



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.



## PIC18F2455/2550/4455/4550

**TABLE 1-1: DEVICE FEATURES**

| Features                                 | PIC18F2455   | PIC18F2550   | PIC18F4455   | PIC18F4550   |
|--|--|--|--|--|
| Operating Frequency                      | DC – 48 MHz  | DC – 48 MHz  | DC – 48 MHz  | DC – 48 MHz  |
| Program Memory (Bytes)                   | 24576  | 32768  | 24576  | 32768  |
| Program Memory (Instructions)            | 12288  | 16384  | 12288  | 16384  |
| Data Memory (Bytes)                      | 2048   | 2048   | 2048   | 2048   |
| Data EEPROM Memory (Bytes)               | 256  | 256  | 256  | 256  |
| Interrupt Sources                        | 19   | 19   | 20   | 20   |
| I/O Ports                                | Ports A, B, C, (E)   | Ports A, B, C, (E)   | Ports A, B, C, D, E  | Ports A, B, C, D, E  |
| Timers                                   | 4  | 4  | 4  | 4  |
| Capture/Compare/PWM Modules              | 2  | 2  | 1  | 1  |
| Enhanced Capture/<br>Compare/PWM Modules | 0  | 0  | 1  | 1  |
| Serial Communications                    | MSSP,<br>Enhanced USART  | MSSP,<br>Enhanced USART  | MSSP,<br>Enhanced USART  | MSSP,<br>Enhanced USART  |
| Universal Serial Bus (USB)<br>Module     | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Streaming Parallel Port (SPP)            | No   | No   | Yes  | Yes  |
| 10-Bit Analog-to-Digital Module          | 10 Input Channels  | 10 Input Channels  | 13 Input Channels  | 13 Input Channels  |
| Comparators                              | 2  | 2  | 2  | 2  |
| Resets (and Delays)                      | POR, BOR,<br>RESET Instruction,<br>Stack Full,<br>Stack Underflow<br>(PWRT, OST),<br>MCLR (optional),<br>WDT | POR, BOR,<br>RESET Instruction,<br>Stack Full,<br>Stack Underflow<br>(PWRT, OST),<br>MCLR (optional),<br>WDT | POR, BOR,<br>RESET Instruction,<br>Stack Full,<br>Stack Underflow<br>(PWRT, OST),<br>MCLR (optional),<br>WDT | POR, BOR,<br>RESET Instruction,<br>Stack Full,<br>Stack Underflow<br>(PWRT, OST),<br>MCLR (optional),<br>WDT |
| Programmable Low-Voltage<br>Detect       | Yes  | Yes  | Yes  | Yes  |
| Programmable Brown-out Reset             | Yes  | Yes  | Yes  | Yes  |
| Instruction Set                          | 75 Instructions;<br>83 with Extended<br>Instruction Set<br>enabled   | 75 Instructions;<br>83 with Extended<br>Instruction Set<br>enabled   | 75 Instructions;<br>83 with Extended<br>Instruction Set<br>enabled   | 75 Instructions;<br>83 with Extended<br>Instruction Set<br>enabled   |
| Packages                                 | 28-pin PDIP<br>28-pin SOIC   | 28-pin PDIP<br>28-pin SOIC   | 40-pin PDIP<br>44-pin QFN<br>44-pin TQFP   | 40-pin PDIP<br>44-pin QFN<br>44-pin TQFP   |



### 3.0A, 150Khz, Step-Down Switching Regulator

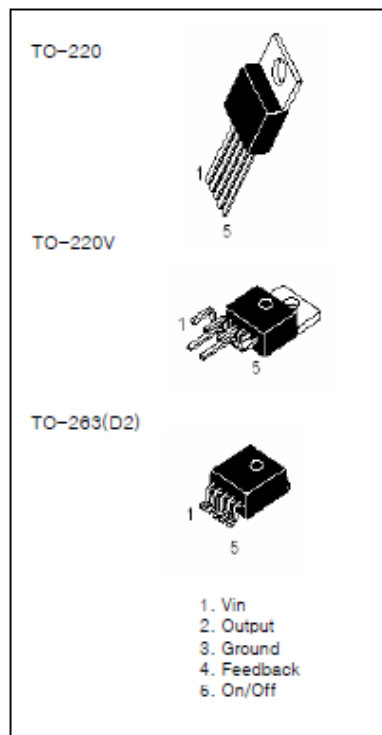
### LM2596

#### FEATURES

- 3.3V, 5.0V, 12V, 15V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range, 1.23 to 37V  
+/- 4%. Maximum Over Line and Load Conditions
- Guaranteed 3.0A Output Current
- Wide Input Voltage Range
- Requires Only 4 External Components
- 150Khz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability, Low Power Standby Mode
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Moisture Sensitivity Level(MSL) Equals 1

#### Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down(Buck) Regulator
- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter(Buck-Boost)
- Negative Step-Up Converters
- Power Supply for Battery Chargers



#### DESCRIPTION

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits ideally suited for easy and convenient design of a step-down switching regulator(buck converter). All circuits of this series are capable of driving a 3.0A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5.0V,12V, 15V, and an adjustable output version.

These regulators were designed to minimize the number of external components to simplify the power supply design. Standard series of inductors optimized for use with the LM2576 are offered by several different inductor manufacturers.

Since the LM2596 converter is a switch-mode power supply, its efficiency is significantly higher in comparison with popular three-terminal linear regulators, especially with higher input voltages.

In many cases, the power dissipated is so low that no heatsink is required or its size could be reduced dramatically. A standard series of inductors optimized for use with the LM2596 are available from several different manufacturers. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies. The LM2596 features include a guaranteed +/- 4% tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and +/-15% on the oscillator frequency (+/- 2% over 0oC to 125 oC).

External shutdown is included, featuring 80 uA(typical) standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

#### ORDERING INFORMATION

| Device       | Marking     | Package |
|--------------|-------------|---------|
| LM2596T-X.X  | LM2596T-X.X | TO-220  |
| LM2596TV-X.X | LM2596T-X.X | TO-220V |
| LM2596R      | LM2596R-X.X | TO-263  |

HTC

### 3.0A, 15V, Step-Down Switching Regulator

### LM2596

#### Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)

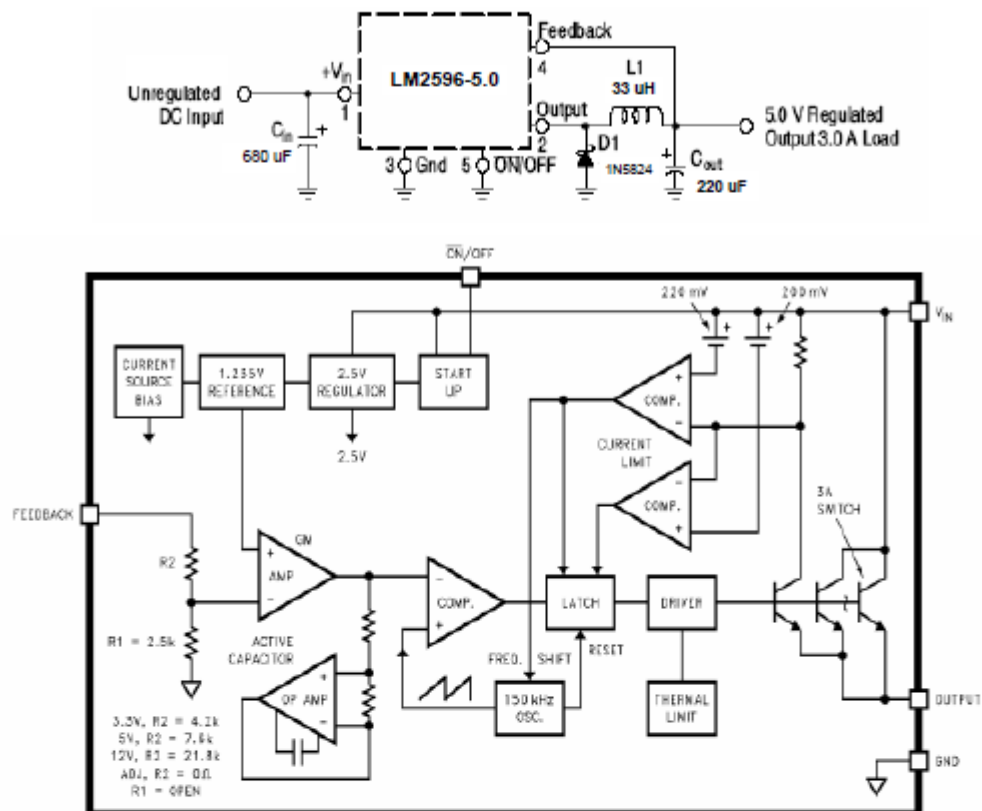


Figure 1. Block Diagram and Typical Application

#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur.)

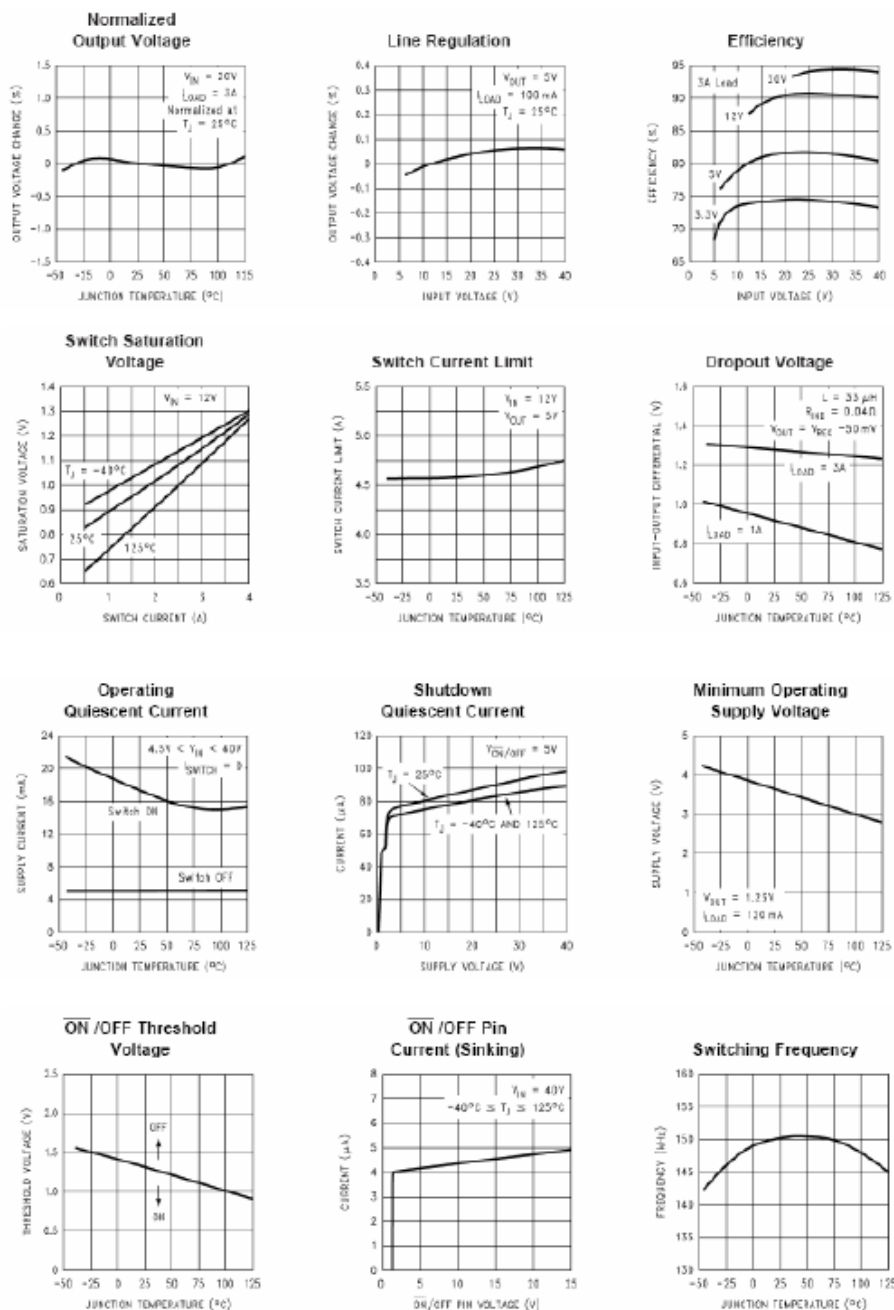
| Rating   | Symbol                                      | Value                                | Unit              |
|--|---|--------------------------------------|-------------------|
| Maximum Supply Voltage   | $V_{in}$                                    | 45                                   | V                 |
| ON/OFF Pin Input Voltage   | -   | $-0.3 \text{ V} \leq V \leq +V_{in}$ | V                 |
| Output Voltage to Ground (Steady-State)  | -   | -1.0                                 | V                 |
| Power Dissipation<br>TO-220, 5-Lead<br>Thermal Resistance, Junction-to-Ambient<br>Thermal Resistance, Junction-to-case | $P_D$<br>$R_{\theta JA}$<br>$R_{\theta JC}$ | Internally Limited<br>65<br>5.0      | W<br>°C/W<br>°C/W |
| TO-263<br>Thermal Resistance, Junction-to-Ambient<br>Thermal Resistance, Junction-to-case                              | $P_D$<br>$R_{\theta JA}$<br>$R_{\theta JC}$ | Internally Limited<br>70<br>5.0      | W<br>°C/W<br>°C/W |
| Storage Temperature Range  | $T_{stg}$                                   | -65 to +150                          | °C                |
| Minimum ESD Rating (Human Body Model:<br>C = 100 pF, R = 1.5 kΩ)   | -   | 2.0                                  | kV                |
| Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)   | -   | 260                                  | °C                |
| Maximum Junction Temperature   | $T_J$                                       | 150                                  | °C                |



### 3.0A, 15V, Step-Down Switching Regulator

### LM2596

#### TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Circuit of Figure 2)



HTC



# TIGER ELECTRONIC CO.,LTD

Product specification

## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

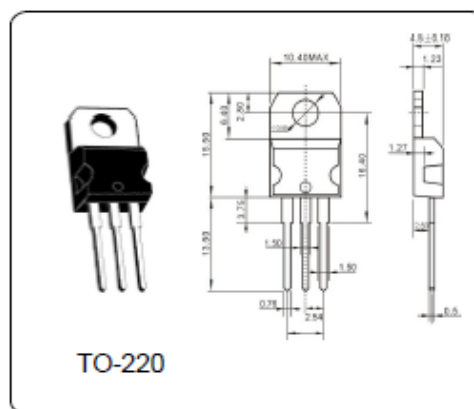
LM7805

### GENERAL DESCRIPTION

The LM7805 series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( Ta = 25 °C)

| Parameter                   | Symbol    | Typ     | Unit |
|-----------------------------|-----------|---------|------|
| Input Voltage               | $V_i$     | 35      | V    |
| Output Voltage              | $V_o$     | 5.0     | V    |
| Peak Current                | $I_{PK}$  | 2.2     | A    |
| Operating Temperature Range | $T_{OPR}$ | 0~125   | °C   |
| Storage Temperature Range   | $T_{STG}$ | -65~150 | °C   |



### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( Ta = 25 °C)

(Refer to test circuit,  $I_o = 500mA$ ,  $V_i = 10V$ ,  $C_i = 0.33\mu F$ ,  $C_o = 0.1\mu F$  unless otherwise specified)

| Parameter               | Symbol     | Test Conditions                   | Min  | Typ   | Max  | Unit     |
|-------------------------|------------|-----------------------------------|------|-------|------|----------|
| Output Voltage          | $V_o$      | $V_i = 8V$ to $20V$               | 4.85 | 5.0   | 5.15 | V        |
| Line Regulation (Note1) | Regline    | $V_o = 8V$ to $25V$               |      | 4.0   | 100  | mV       |
|                         |            | $V_i = 8V$ to $12V$               |      | 1.6   | 50   |          |
| Load Regulation (Note1) | Regload    | $I_o = 5.0mA$ to $1.5A$           |      | 9     | 100  | mV       |
|                         |            | $I_o = 250mA$ to $750mA$          |      | 4     | 50   |          |
| Quiescent Current       | $I_q$      | $T_j = +25^\circ C$               |      | 5     | 8    | mA       |
| Ripple Rejection        | RR         | $f = 120Hz$ , $V_o = 8V$ to $18V$ | 62   | 73    |      | dB       |
| Dropout Voltage         | $V_{Drop}$ | $I_o = 1A$ , $T_j = +25^\circ C$  |      | 2     |      | V        |
| Output Resistance       | $r_o$      | $f = 1KHz$                        |      | 0.015 |      | $\Omega$ |
| Short Circuit Current   | $I_{SC}$   | $V_i = 35V$ , $T_A = +25^\circ C$ |      | 230   |      | mA       |
| Peak Current            | $I_{PK}$   | $T_j = +25^\circ C$               |      | 2.2   |      | A        |





### Anexo III: Vinilo Instrumento.

Vinilo para el frente del instrumento, las medidas son 14x14cm.

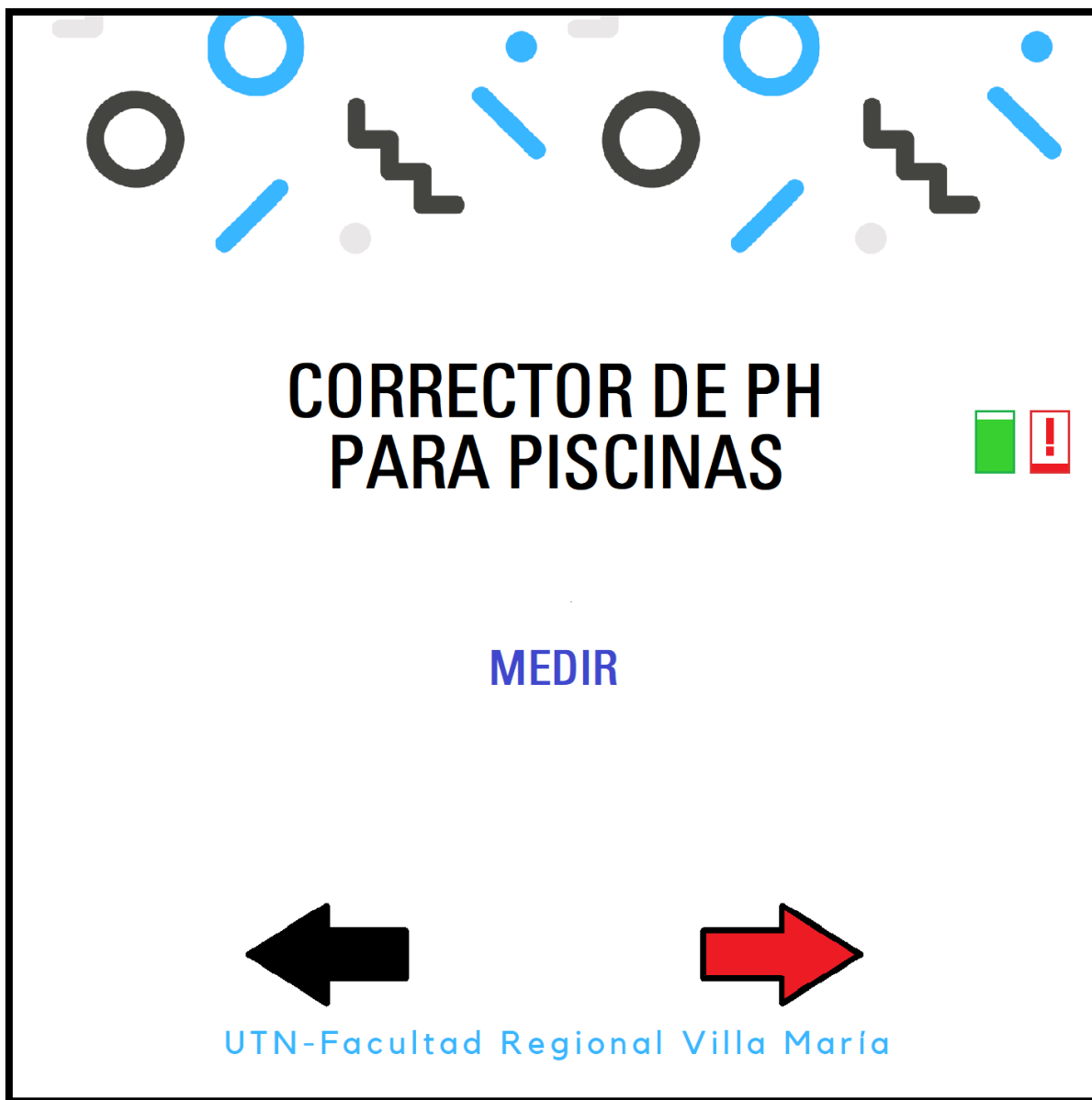


Figura N° 97: Vinilo caja estanca corrector.