

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DISEÑO DE UNA DUCHA AUTOMATIZADA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

María Claudia Dejo Sánchez

ASESOR: Ing. Luis Ángel Velarde Criado

Lima, agosto del 2012

RESUMEN

El presente proyecto de tesis busca brindar una solución para las personas con discapacidad en las extremidades superiores, las cuales tienen dificultad para realizar su aseo personal de manera independiente, al no poder manipular las perillas con las que cuentan las duchas convencionales.

Debido al problema antes expuesto, el presente documento tiene como objetivo principal diseñar un sistema de control digital de la temperatura de una ducha. Dicho sistema permitirá obtener la temperatura deseada, guardar dicha configuración y poder acceder a ella fácilmente, con la mínima manipulación del equipo, al pulsar botones. Se podrá determinar la proporción del flujo del agua, fría y caliente, necesario para obtener la temperatura de la mezcla que el usuario desee y mantener dicha temperatura constante durante todo el proceso de aseo.

A lo largo de los primeros capítulos se definirán la problemática de las personas con discapacidad en la sociedad y en sus actividades diarias como lo es el aseo personal, los factores que afectan su desarrollo y la importancia de dar solución a sus problemas. Se analizarán las duchas automatizadas existentes y se definirá el diseño general del sistema.

En el tercer capítulo se analizarán los requerimientos del sistema para poder realizar el diseño completo, el cual se hará en el último capítulo. Se comprobará el correcto funcionamiento del equipo mediante simulaciones, implementación y mediciones.

FACULTAD DE
 CIENCIAS E
 INGENIERÍA

 PONTIFICIA
 UNIVERSIDAD
 CATÓLICA
 DEL PERÚ

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título	: Diseño de una ducha automatizada para personas con discapacidad en las extremidades superiores.
Área	: Comunicaciones # 1016
Asesor	: Luis Angelo Velarde Criado
Alumno	: María Claudia Dejo Sánchez
Código	: 20060479
Fecha	: 16-05-2012


Descripción y Objetivos

Dado que las duchas convencionales son manipuladas por llaves, implica que las personas con discapacidad en las extremidades superiores requieran ayuda y realicen su aseo durante un periodo de tiempo superior al necesario, lo cual genera incomodidad y un gasto excesivo del agua; entonces el diseño de una ducha automatizada de fácil uso, con la mínima manipulación posible del equipo al presionar botones, cumplirá con las necesidades de comodidad e independencia de las personas con discapacidad en las extremidades superiores durante el aseo personal.

El objetivo del presente documento será diseñar un sistema de control digital de una ducha, el cual permitirá obtener la temperatura deseada, guardar dicha configuración y poder acceder a ella fácilmente con la mínima manipulación del equipo.

Para lo cual cumpliremos con los siguientes objetivos:

- 1) Identificar los requerimientos de las personas con discapacidad en las extremidades superiores durante el aseo personal.
- 2) Establecer, mediante el estado del arte, que se cuenta con duchas automatizadas pero que no están enfocadas en las necesidades de las personas con discapacidad en las extremidades superiores.
- 3) Diseñar el hardware necesario para controlar la temperatura de la ducha.
- 4) Obtener un interfaz de usuario que sea clara, precisa y de fácil uso para el usuario.
- 5) Comprobar el correcto funcionamiento del equipo integrado.

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 SECCIÓN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

 Dr. Ing. BENJAMÍN CASTAÑEDA APHAN
 Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

 MÁXIMO 50 PÁGINAS

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍAPONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño de una ducha automatizada para personas con discapacidad en las extremidades superiores.

Índice

Introducción

1. Problemática en el aseo diario para las personas con discapacidad en las extremidades superiores.
2. Tecnología relacionada a la automatización de una ducha.
3. Requerimientos del diseño del sistema de control de la ducha.
4. Diseño de un sistema de control de una ducha para personas con discapacidad en las extremidades superiores.

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
SECCIÓN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA
Dr. Ing. BENJAMÍN CASTAÑEDA APHAN
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería ElectrónicaMÁXIMO 50 PÁGINAS

INDICE

INTRODUCCIÓN	3
1. PROBLEMÁTICA EN EL ASEO DIARIO PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.....	4
1.1. PERSONA CON DISCAPACIDAD.....	4
1.2. FACTORES QUE AFECTAN A LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD.	5
1.2.1. <i>Discriminación a las personas con discapacidad.</i>	5
1.2.2. <i>Tecnología para personas con discapacidad.</i>	5
1.3. IMPORTANCIA DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD.	6
1.3.1. <i>Los derechos de las personas con discapacidad.</i>	6
1.3.2. <i>Cantidad de población discapacitada.</i>	6
1.4. PROBLEMAS DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD.....	7
1.4.1. <i>Deficiencia de recursos económicos.</i>	7
1.4.2. <i>Deficiencia en infraestructura.</i>	7
1.4.3 <i>Deficiencia de recursos humanos.</i>	7
1.5. PROCESO DE ASEO PERSONAL DE UNA PERSONA CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.....	8
1.6. DECLARACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	8
2. TECNOLOGÍA RELACIONADA A LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA DUCHA.....	9
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	9
2.2. MODELO TEÓRICO.....	12
3. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA DUCHA.....	16
3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.1.1. <i>Hipótesis principal.</i>	16
3.1.2. <i>Hipótesis secundarias.</i>	16
3.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.2.1. <i>Objetivo general.</i>	17

3.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	17
3.3. ANÁLISIS DEL SISTEMA Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	18
3.3.1. <i>La temperatura</i>	18
3.3.2. <i>El flujo</i>	19
3.3.3. <i>Las tuberías</i>	19
3.3.4. <i>Requerimientos del micro controlador</i>	20
3.3.5. <i>Requerimientos del sensor de temperatura</i>	21
3.3.6. <i>Requerimientos de los actuadores</i>	21
4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE UNA DUCHA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.....	22
4.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.....	22
4.1.1. <i>Diagrama de bloques del sistema</i>	22
4.1.2. <i>Etapa de acondicionamiento de las señales de entrada</i>	23
4.1.3. <i>Etapa de acondicionamiento de las señales de salida</i>	24
4.1.4. <i>Etapa del micro controlador y del LCD</i>	27
4.1.5. <i>Etapa de alimentación</i>	28
4.2. CÁLCULO DE ERRORES TEÓRICOS DEL SISTEMA.....	30
4.2.1. <i>Para el sensor de temperatura</i>	30
4.2.2. <i>Para los actuadores</i>	32
4.3. PROGRAMACIÓN.....	33
4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	36
4.5. RESULTADOS.....	37
4.5.1. <i>Resultados Simulados</i>	37
4.5.2. <i>Resultados Implementados</i>	39
4.6. PRESUPUESTO DEL SISTEMA.....	45
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48

INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad no pueden desenvolverse de manera normal en sus actividades diarias y suelen requerir la ayuda de algún familiar. Es especialmente difícil para una persona que no tiene disponibilidad o completo dominio de sus extremidades superiores, el poder regular la temperatura del agua mediante perillas durante el aseo personal.

En nuestro país, la cantidad de población discapacitada se encuentra en aumento, así como la necesidad de comodidad en sus actividades diarias, como lo es el aseo personal. Para dicho proceso requieren del uso de un sistema automatizado de control de temperatura. En el mercado se encuentran disponibles diversas duchas para personas con discapacidad en las extremidades inferiores, a un precio elevado y no se han enfocado en otros tipos de discapacidad presentes en nuestro país.

El objetivo del presente documento será diseñar un sistema de control digital de una ducha, el cual permitirá obtener la temperatura deseada, guardar dicha configuración y poder acceder a ella fácilmente con la mínima manipulación del equipo, al presionar botones.

En el primer capítulo, se definirán los conceptos principales y se analizará el proceso de aseo personal para establecer la problemática.

En el segundo capítulo, se presentará el estado del arte de las duchas automatizadas existentes para luego describir el modelo teórico.

En el tercer capítulo, se establecerán la hipótesis, los objetivos y se hará un análisis de los requerimientos del sistema.

En el cuarto capítulo se realizará el diseño del sistema, las simulaciones necesarias y la implementación, para concluir con un análisis de los resultados.

CAPÍTULO 1

1. PROBLEMÁTICA EN EL ASEO DIARIO PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.

1.1. Persona con discapacidad.

Persona que tiene impedida o entorpecida alguna de las actividades cotidianas, por alteración de sus funciones intelectuales o físicas. Pero también significa una redistribución de las habilidades y la capacidad de adaptarse a eso. [1]

Tipos de discapacidad:

A) Cognitiva: Es una disminución en las habilidades cognitivas e intelectuales del individuo. Entre las más conocidas discapacidades cognitivas están: El Autismo, El síndrome Down, Síndrome de Asperger y el Retraso Mental. [2]

B) Física: Es la pérdida o imposibilidad de mover algunos de los miembros superiores o inferiores. Existen diversas causas por las cuales se presenta la discapacidad física; factores congénitos, hereditarios, cromosómicos, por accidentes o enfermedades degenerativas, neuromusculares, infecciosas o metabólicas. [2]

C) Sensorial: Es la que se encuentra relacionada con la disminución de algunos de los sentidos. La discapacidad sensorial corresponde a las personas con deficiencias visuales, auditivas y a quienes presentan problemas en la comunicación y el lenguaje. [2]

1.2. Factores que afectan a las personas con discapacidad.

1.2.1. Discriminación a las personas con discapacidad.

La persona con discapacidad puede recomenzar su aprendizaje o aprender nuevas habilidades que le permitan tener una vida digna. Sin embargo, dichas posibilidades se reducen si tiene que enfrentarse a un mundo hostil.

En lugar de apoyar y valorar sus esfuerzos, tienden a tratarlo como un “menor de edad” que necesita algún tipo de “ayuda” por no contar con las mismas capacidades físicas o intelectuales que la mayoría de personas.

En ese sentido, vale la pena hablar de dificultades simultáneas a la “discapacidad”, que no tienen que ver con aspectos fisiológicos del sujeto sino con la intolerancia o desinterés de la sociedad por quienes conviven con algún tipo de discapacidad; dificultades que pueden expresarse en una mirada de “compasión”, en un gesto de incomodidad por la presencia del “discapacitado”. [3]

1.2.2. Tecnología para personas con discapacidad.

Las empresas dedicadas a la industria tecnológica, tienen diversas propuestas para solucionar los problemas de las personas con discapacidad con productos como camas robot que se transforman en silla de ruedas o programas que traducen la voz humana para dar instrucciones a la computadora, entre otros.

Esta industria se encuentra en aumento a nivel mundial ya que, día a día, aparecen nuevas tecnologías, las cuales permiten crear sistemas que dan solución a los problemas de las personas con diferentes tipos de discapacidad y con necesidades específicas.

1.3. Importancia de las personas con discapacidad.

1.3.1. Los derechos de las personas con discapacidad.

El 13 de diciembre de 2006, las Naciones Unidas acordaron formalmente la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, el primer tratado del sistema de derechos humanos del siglo XXI, para proteger y reforzar los derechos y la igualdad de oportunidades de las cerca 650 millones de personas con discapacidad que se estima hay a nivel mundial.

Los artículos 19, 22 y 23 de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad garantizan el derecho de la persona con discapacidad a:

- La elección de su modo de vida y hacerlo de forma independiente.
- Elegir si desea vivir en pareja o fundar una familia.
- Que sea respetada su privacidad, la de su hogar y su familia.
- No verse obligado a vivir con arreglo a un sistema de vida específico.
- No ser objeto de injerencias arbitrarias o ilegales en su vida privada o cualquier otro tipo de agresiones contra su reputación o su honor [4].

1.3.2. Cantidad de población discapacitada.

El Censo Nacional de 1981 señalaba que la población con discapacidad era de 26,560 personas; apenas el 0,02% de la población total censada. Diez años más tarde el Censo de 1993 señalaba que la población discapacitada del país es de 288,526 personas, que representan el 1,3% de la población total censada [5], por lo cual se ve que la cantidad de población discapacitada en nuestro país se encuentra en constante aumento.

1.4. Problemas de las personas con discapacidad.

1.4.1. Deficiencia de recursos económicos.

La población discapacitada, en su mayoría, está constituida por personas con escasos recursos económicos, ya que de lo contrario no tendrían dicha discapacidad al contar con los medios necesarios para los tratamientos u operaciones, exceptuando casos en los que no sea posible. Así mismo, esta falta de recursos económicos impide el poder acceder a sistemas tecnológicos que los ayuden a desenvolverse en sus actividades diarias.

1.4.2. Deficiencia en infraestructura.

En las casas, los centros comerciales, centros educativos y otros lugares de concurrencia pública generalmente no encontramos los diferentes sistemas de ayuda para las personas con discapacidad, como lo son las rampas, rótulos en braille, entre otros. Esto limita e impide su adecuado desenvolvimiento en la sociedad. Es responsabilidad colectiva de la sociedad hacer las modificaciones ambientales necesarias para la participación completa de la persona con discapacidad en todas las áreas de la vida social.

1.4.3 Deficiencia de recursos humanos.

Es difícil que algún familiar le pueda dedicar el tiempo necesario a una persona con discapacidad, para ayudarlo en sus distintas actividades diarias como comer, asearse, entre otros. Lo ideal sería poder contratar una persona especializada para dicho trabajo pero eso implicaría un gasto económico que suele llegar a 1500 soles mensuales, dato obtenido al consultar a una empresa dedicada a la colocación de enfermeras. Es por esto que la persona con discapacidad debe aprender a realizar todas sus actividades diarias de manera personal e individual, lo cual resulta más sencillo si se cuenta con la tecnología adecuada.

1.5. Proceso de aseo personal de una persona con discapacidad en las extremidades superiores.

Para manipular las perillas del agua fría y del agua caliente se necesita la ayuda de algún familiar ya que las personas con discapacidad poseen limitaciones para hacerlo por si solas.

Resulta difícil para todas las personas poder obtener la temperatura deseada al ser poca la precisión de las perillas, a su vez la temperatura del agua caliente irá disminuyendo durante el baño debido al ingreso constante de agua fría a la terna, lo cual requiere modificar la posición de las perillas más de una vez.

Si bien la mayoría de las personas con discapacidad en las extremidades superiores hoy en día han sabido adaptarse y son capaces de realizar tareas como cambiarse o secarse solas, les demora mayor tiempo que a las personas sin dicha discapacidad.

1.6. Declaración de la problemática

La tecnología permite que las actividades diarias se simplifiquen, los avances tecnológicos llegan primero a las personas con mayores recursos económicos, pero debemos hacer que sea asequible a las personas con escasos recursos y que por diferentes motivos podrían necesitarlos más. Como es el caso de las personas con discapacidad que poseen limitaciones para desenvolverse en las diversas actividades diarias.

La temperatura del agua varía durante el periodo de aseo y resulta difícil para una persona con discapacidad en las extremidades superiores el poder regular la temperatura del agua mediante perillas durante dicho periodo. Se debe pensar en el bienestar físico y psicológico de las personas discapacitadas para ayudarlas a desenvolverse óptimamente en la sociedad y en su vida diaria.

CAPÍTULO 2

2. TECNOLOGÍA RELACIONADA A LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA DUCHA.

2.1. Estado del arte.

A continuación se presentan algunos de los productos existentes y patentes de productos, que cumplen con algunas de las necesidades de las personas con discapacidad en las extremidades superiores pero no en su totalidad.

A) **Safe-T-Shower**

Entre los dispositivos electrónicos que controlan la temperatura se ha encontrado la patente Safe-T-Shower del inventor Duane Smith (Dresden, OH, US). Es un dispositivo que permite guardar una temperatura para cada usuario. Consta de un panel de control, termostato y válvula de control.

El panel de control permite guardar la temperatura deseada junto con un código de acceso, con el cual podrá acceder a su temperatura deseada cada vez que use la ducha, la cual automáticamente se abrirá al introducir el código. Enviarán un mensaje diciendo que la temperatura requerida se ha alcanzado. El dispositivo autoajustará la temperatura todo el tiempo que se encuentre encendido [6].

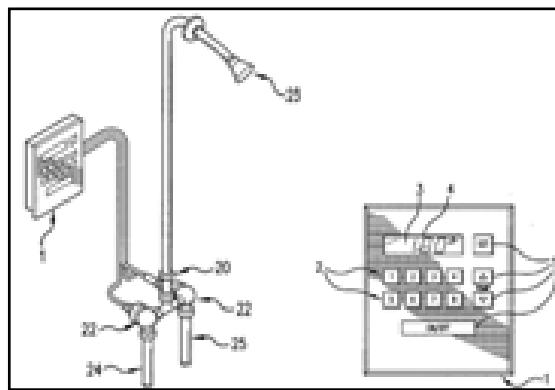


Fig.N°2.1.1. Safe-T-Shower [6]

B) Ducha OLI.

OLI es una ducha electrónica creada para ahorrar agua, energía y a su vez de fácil uso para personas con discapacidad. Ha sido creada por Samsung Design Membership 2008 (Summer Internship Program). Consta de un monitor, una alfombra sensible a la presión y un asiento para coleccionar las aguas grises para su reutilización, el cual puede ser usado para personas de movilidad reducida.

El equipo enciende la ducha al sensor una presencia siendo la presión variable de acuerdo a la proximidad. Se apaga automáticamente al no sensor presencia alguna. El monitor indica la cantidad de tiempo y de litros empleados durante el aseo [7].



Fig.N°2.1.2. OLI [7]

C) Ducha Aquacon.

Línea de duchas automatizadas de la empresa Aquacontrol que cuentan con las siguientes características:

- Panel de ducha en acero inoxidable, equipado con un mezclador o una llave automática temporizada.
- Temporización 30 segundos con sistema autolimpiable.
- Regulador automático de caudal de 8 l / min. [8].



Fig.N°2.1.3. Ducha Aquacon [8]

D) ESP Hydro panel

ESP Hydro panel II se basa en tecnología infrarroja para sensor la presencia de un usuario e inmediatamente abrir la llave de agua. La llave inmediatamente se cierra al no sensor presencia alguna o al alcanzar el máximo tiempo permitido.

Se usa principalmente en duchas públicas y tiene protección contra vandalismo. La temperatura es fijada por el instalador y no por el usuario. Ha sido fabricada por Powers a division of Watts Water Technologies, Inc. [9].



Fig. N°2.1.4. ESP Hydro panel II with Hydro guard [9]

Tabla N°2.1. Comparación de las duchas electrónicas disponibles en el mercado.

Características	Safe-T-Shower	OLI	Aquacon	Hydro panel
Sensor de presencia.	No	Si	No	Si
Temporizador.	No	No	Si	Si
Temperatura establecida por el usuario.	Si	No	No	No
Panel de control.	Si	Si	No	No
Presión establecida.	No	Si	Si	No
Precio	No ha salido al mercado	No ha salido al mercado	\$ 895	\$746

2.2. Modelo Teórico.

El diseño de un equipo de fácil uso, para personas con discapacidad en las extremidades superiores, para el control de temperatura en una ducha implica el uso de sensores de temperatura conectados a electroválvulas para modular el caudal en las tuberías de agua fría y caliente, mediante un controlador, hasta llegar a la temperatura deseada, la cual se hallará aplicando principios de termodinámica.

Se plantea un modelo teórico de un equipo el cual contará con botones para aumentar o disminuir la temperatura y un botón para guardar la temperatura escogida junto con un número de usuario asignado, dicho procedimiento solo deberá realizarse una vez y luego sólo se tendrá que pulsar el número de usuario para acceder a la temperatura guardada.

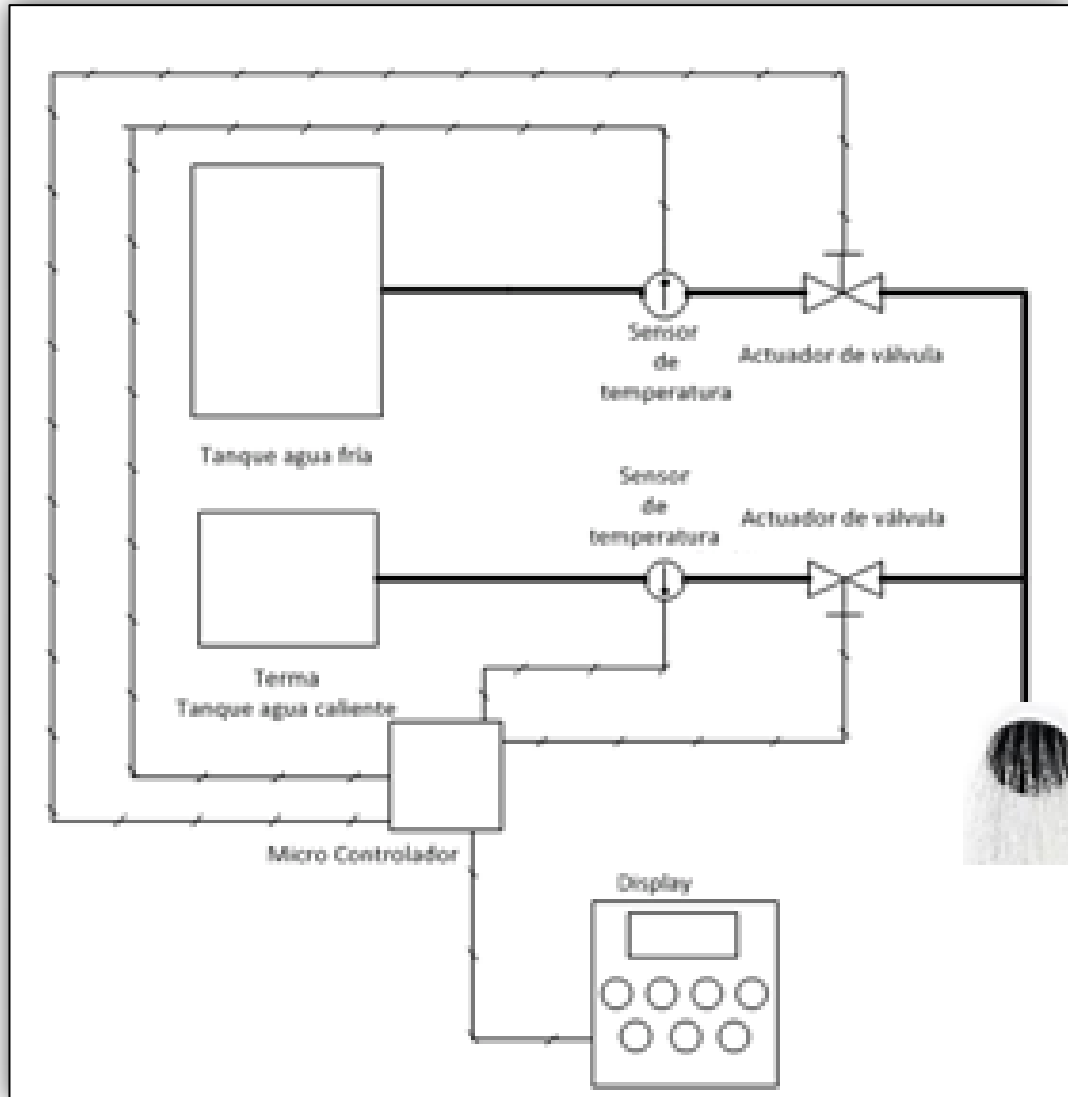


Fig. N°2.2.1. Representación gráfica del modelo teórico.

A continuación se definirán los dispositivos que conforman el sistema:

A) Sensor.

Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc. y la transmite adecuadamente.[10]

Sensor de temperatura: Dispositivo capaz de medir la temperatura; magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente.

B) Actuadores de válvula.

Una válvula es un mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema [11].

Un actuador de válvula es un dispositivo diseñado para controlar el porcentaje de apertura de una válvula en función a un voltaje de entrada, siendo dicho control directamente proporcional.

C) Controladores.

El objetivo de un sistema de control es controlar las salidas mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control. [11]

Tipos de controladores:

A) Controlador analógico: Es un tipo de controlador que trabaja con señales definidas en un intervalo continuo de tiempo y cuya amplitud puede tener un intervalo continuo de valores. Las señales de entrada y de salida pueden tener infinitos valores dentro del rango [12].

B) Controlador digital: Es aquel en el cual una o más señales sólo pueden cambiar en valores discretos de tiempo. Estos instantes especifican el tiempo en el que se mide las señales o se extrae los datos de la memoria de una computadora digital. Dichas señales tiene una amplitud cuantificada y se representa mediante una secuencia de números binarios [12].

Micro controlador:

Un micro controlador es un circuito integrado o chip el cual ayuda a controlar la operación de una máquina, parte de un equipo o un proceso.

Existe una gran cantidad de micro controladores con diversas características como cantidad de bits, capacidad de memoria (RAM, ROM, FLASH, EEPROM, etc.), frecuencia máxima, voltaje de alimentación, velocidad y precios.

En el siguiente cuadro se puede apreciar una tabla comparativa de los micro controladores considerados los mejores de cada fabricante basándose en la capacidad RAM y velocidad de trabajo, dependiendo de cada aplicación se deberá tener en cuenta otras características.

Tabla N°2.2. Tabla comparativa de los micros controladores más comerciales. [13]

Micro controlador	RAM interna	Velocidad	Productor
68HC11F1	1024	-	Motorola
ST92F150CR1	4096	25	ST
PIC18F2539	1400	40	Microship
Atmega128	4096	16	Atmel

CAPÍTULO 3

3. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA DUCHA.

3.1. Hipótesis de la investigación.

3.1.1. Hipótesis principal.

Dado que las duchas convencionales son manipuladas por llaves, implican que las personas con discapacidad en las extremidades superiores requieran ayuda y realicen su aseo durante un periodo de tiempo superior al necesario, lo cual genera incomodidad y un gasto excesivo del agua; entonces el diseño de una ducha automatizada de fácil uso, con la mínima manipulación posible del equipo al presionar botones, cumpliría con las necesidades de comodidad e independencia de las personas con discapacidad en las extremidades superiores durante el aseo personal.

3.1.2. Hipótesis secundarias.

- 1) El diseño de un sistema de control digital basado en un micro controlador de 8 bits permitirá obtener control de la temperatura fácilmente.
- 2) Es posible crear un equipo automatizado fácil de manejar por una persona con discapacidad en las extremidades superiores, teniendo el menor contacto posible durante un corto periodo.
- 3) Aplicando leyes de termodinámica y mecánica de fluidos podemos obtener la temperatura deseada de la unión de dos fluidos con la ayuda de un micro controlador.

- 4) El diseño de un sistema de control que soluciona los problemas durante el aseo de las personas con discapacidad también podrá ser aplicado para la comodidad de las personas en general.
- 5) El ahorro de agua durante el aseo personal representa un considerable impacto favorable en el medio ambiente, así como en la economía personal.

3.2. Objetivos de la investigación.

3.2.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de control digital de una ducha, el cual permitirá obtener la temperatura deseada, guardar dicha configuración y poder acceder a ella fácilmente, con la mínima manipulación del equipo, al presionar botones.

3.2.2. Objetivos específicos.

- 1) Identificar los requerimientos de las personas con discapacidad en las extremidades superiores durante el aseo personal.
- 2) Establecer, mediante el estado del arte, que se cuenta con duchas automatizadas pero que no están enfocadas en las necesidades de las personas con discapacidad en las extremidades superiores.
- 3) Diseñar el hardware necesario para controlar la temperatura de la ducha.
- 4) Obtener un interfaz de usuario que sea clara, precisa y de fácil uso para el usuario.
- 5) Comprobar el correcto funcionamiento del equipo integrado.

3.3. Análisis del sistema y determinación de requerimientos.

Mediante entrevistas e investigaciones realizadas sobre las características del proceso actual, se conocen las características con las cuales debe contar el sistema automatizado. Las cuales se exponen a continuación.

3.3.1. La temperatura.

- La temperatura a la salida de la llave de agua fría en los hogares de la ciudad de Lima, según mediciones realizadas, se encuentra entre 22°C y 26°C, dependiendo de la estación del año en que se encuentre, siendo esta menor durante las noches de invierno y mayor durante los días de verano.
- La temperatura máxima de las termas disponibles en el mercado se encuentran entre 60°C y 90°C, pero la temperatura máxima para darse un baño es de 50°C ya que temperaturas mayores pueden ocasionar quemaduras en la piel de las personas, variando la gravedad de la quemadura según el tiempo de exposición de la piel al agua caliente. Para el presente diseño se considerará una temperatura máxima de 60°C, ya las termas poseen un termostato interno que permite fijar la temperatura máxima [14].
- El cuerpo humano puede percibir variaciones de temperatura entre 0.2°C y 5°C, dependiendo de la velocidad a la que cambie la temperatura del agua, siendo esta velocidad entre 0.1°C/s y 0.5°C/min, mientras más lento se realice el cambio mayor debe ser la diferencia de temperatura para ser percibida por la piel humana, para nuestro caso las variación de temperatura es cercana a 0.5°C/min, según mediciones realizadas, por las pérdidas de calor en la terma y las tuberías, por lo cual consideraremos 4°C de variación aceptable e imperceptible para los usuarios [15].

3.3.2. El flujo.

- El flujo constante promedio en las duchas convencionales es de 9 l/min [16]. Según mediciones realizadas, las cuales se muestran en el Anexo A, dicho flujo varía dependiendo del distrito, conexión a una bomba de agua o a un tanque elevado, la antigüedad de las tuberías, entre otros. Se ha podido comprobar que a pesar de variar entre casas, el flujo del agua caliente y del agua fría de un mismo inmueble, presentan en promedio una diferencia mínima independientemente de los factores antes mencionados, por lo cual dicha característica será considerada como un requerimiento para el correcto funcionamiento del sistema.
- La cantidad de agua promedio usada por una persona al ducharse es de 135 litros (15min) [16] pero la cantidad de agua usada por una persona discapacitada al ducharse es mucho mayor ya que es mayor el tiempo empleado en dicha actividad, el gasto promedio de agua es de 270 litros (30min).

3.3.3. Las tuberías.

Se despreciarán las pérdidas de calor en las tuberías.

- El ancho de las tuberías en las viviendas de nuestro país son por norma de 1/2" según el reglamento nacional de edificaciones.
- Los calentadores de agua pueden ser conectados a tuberías no metálicas por lo cual requeriremos tuberías de PVC para minimizar las pérdidas de calor.[17]

3.3.4. Requerimientos del micro controlador.

Se requieren las siguientes características:

- El controlador deberá tener una cantidad adecuada de puertos de E/S igual o mayor al necesario.

Para esta aplicación se requiere de 9 puertos de entrada:

- Se considerarán cuatro usuarios por ser la cantidad de miembros promedio por vivienda a nivel nacional. [18]
- Botones para aumentar y disminuir la temperatura (2).
- Un pulsador para guardar la temperatura deseada.
- Sensores de temperatura para la salida de agua caliente y la salida de agua fría.

Para esta aplicación se requiere de 19 puertos de salida:

- Actuadores para las válvulas del agua fría y del agua caliente, se utilizarán solo 4 bits de un DAC para cada actuador, ya que brindan 16 opciones de control por cada actuador, mayor al necesario.
 - Pantalla LCD, la cual requiere 3 bits de control y 8 bits de datos.
- Capacidad de almacenamiento de memoria no volátil para guardar la configuración de los usuarios y poder acceder a ella cada vez que se encienda el equipo sin tener que configurar la temperatura deseada nuevamente.

Dados los requerimientos antes descritos se optará por usar el micro controlador Atmega16 [19], por contar con 32 líneas programables de entrada/salida mayor a las 28 necesarias y un conversor analógico-digital integrado el cual se usará para la señal analógica de los sensores de temperatura, otras razones importantes son su bajo costo y la experiencia en trabajos previos con micro controladores de la familia Atmel.

3.3.5. Requerimientos del sensor de temperatura.

Para los sensores de temperatura de agua fría y caliente se requieren las siguientes características:

- Rango de temperatura: 22-90°C
- Precisión igual o mayor a $\pm 1^\circ\text{C}$.

Por satisfacer las características mencionadas se usará el sensor de temperatura LM35 [20], usando el aislamiento necesario para esta aplicación, en este caso se usará el aislamiento FP-301 de la marca 3M. El sensor cuenta con una precisión de 0.5°C, rango de temperatura de temperatura de 2°C a 150°C y bajo costo.

3.3.6. Requerimientos de los actuadores.

Dadas las características del sistema descrito previamente se podrían usar electroválvulas proporcionales en las tuberías de agua fría y caliente pero al ser éstas de elevado costo se opta por usar actuadores ABNM de la marca Danfoss [21] los cuales se conectarán a válvulas convencionales reduciendo el costo significativamente y manteniendo un control lineal de la apertura de la válvula en función a una señal eléctrica. Los equipos antes mencionados presentan el mismo comportamiento en cuanto controlan la cantidad de flujo proporcionalmente a una señal entre 0-10V diferenciándose en su configuración interna.



Fig. N°3.3.6.1 Actuator ABNM y electroválvula EV260B de la marca Danfoss.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE UNA DUCHA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.

4.1. Diseño del sistema de control de temperatura.

4.1.1. Diagrama de bloques del sistema.

El presente capítulo comprende la etapa de diseño de los diferentes circuitos que conforman el sistema, se describen las etapas de acondicionamiento, se desarrolla la etapa de digitalización mediante la utilización del convertor análogo/digital interno del atmega16, se desarrolla el algoritmo de control implementado en un micro controlador programable, luego la salida digital del controlador, es convertida en una señal analógica mediante la utilización de un convertor digital/análogo, para luego ser transmitida hacia un actuador de válvula.

La Fig. N°4.1.1 muestra el diagrama de bloques de las etapas que conforman el sistema de control de temperatura.

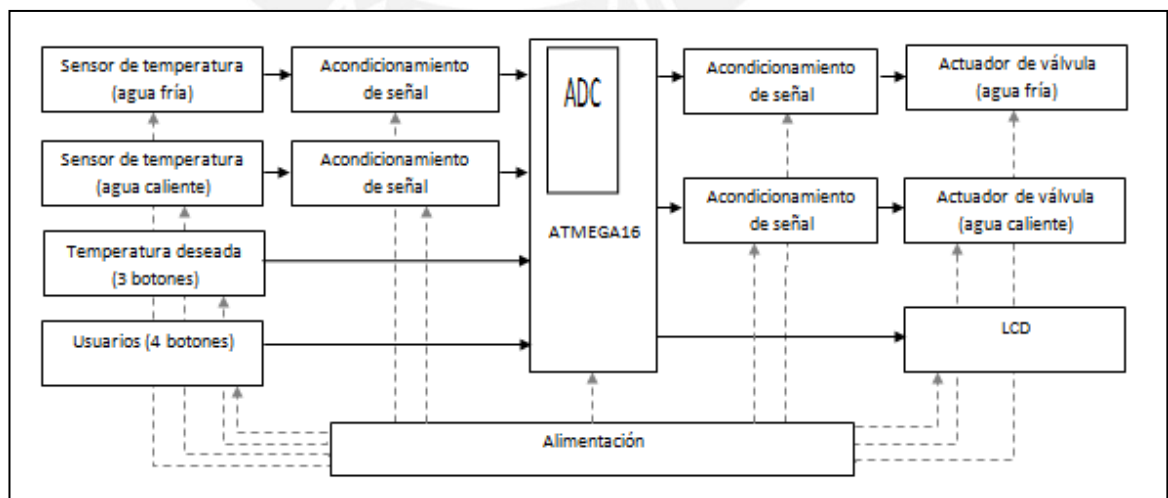


Fig. N°4.1.1. Diagrama de bloques del sistema

4.1.2. Etapa de acondicionamiento de las señales de entrada.

El sensor escogido es el circuito integrado LM35, el cual tiene una salida de voltaje en mV, de acuerdo a la medición de temperatura que se realice; además la salida es lineal con respecto a los valores de temperatura sensados, teniendo una relación de 10 mV/°C.

La señal de salida de cada LM35 pasará por un filtro pasa bajo simple RC con frecuencia de corte de 10Hz, por ser la frecuencia indicada en la hoja de datos la cual se muestra en el Anexo B.

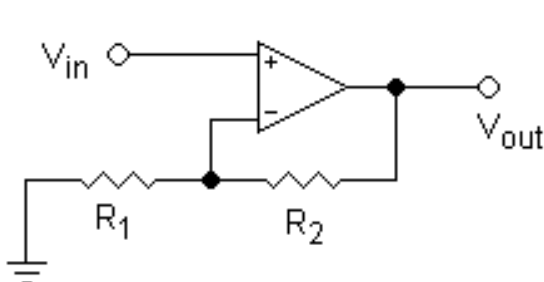
$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$C = 1\mu F$$

$$R = 15.92K\Omega$$

Este dispositivo no funciona directamente, ya que como se menciona en el párrafo anterior, su salida se muestra en el orden de mV (mili-Voltios), por lo que se necesita de un circuito amplificador, para poder obtener una señal de 0 a 5v que puede ingresar al ADC del Atmega16. Para lo cual usaremos el amplificador UA741, cuyas especificaciones técnicas se muestran en la hoja de datos en el Anexo C.

A continuación se muestra el cálculo del valor de las resistencias del amplificador para obtener una ganancia de 5 ya que los valores de entrada van de 0 a 1V (0°C a 100°C).



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = 4K\Omega$$

$$R_1 = 1K\Omega$$

Tabla N°4.1.3. Convertidor Digital – Analógico

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	4.5v a 18v
Potencia consumida a 15V	174 mW
Corriente máxima	3.8mA
Error de offset	+/- 1LSB.

En la siguiente tabla se muestran los valores de conversión del DAC de 8 bits que usaremos para el control de los actuadores de válvula, los 4 bits menos significativos se conectarán a Vcc y los 4 bits más significativos al puerto D del Atmega16, luego del cual se obtendrán los valores de voltaje mostrados para ser conectado a los actuadores de válvula, para controlar su porcentaje de apertura.

$$\text{Voltaje de salida} = V_{ref} \times \frac{\text{Código binario}}{\text{Resolución}}$$

$$V_{ref} = 10V$$

$$\text{Resolución} = 2^n - 1$$

$$n = \text{número de bits} = 8 \text{ bits}$$

Tabla N°4.1.3. Valores de conversión Digital – Análogo.

Código binario	Valor Decimal	Voltaje teórico (V)	Porcentaje de apertura (%)
11111111	255	10	100
11011111	223	8.75	87
11001111	207	8.12	81
10101111	175	6.86	69

10011111	159	6.24	62
01111111	127	4.98	50
01101111	111	4.35	44
01001111	79	3.10	31
00111111	63	2.47	25
00011111	31	1.22	12
00001111	15	0.59	6

A continuación se muestran las conexiones necesarias para obtener una salida de 0 a 10v para la señal de control, las cuales se han obtenido de la hoja de datos, que se muestra en el Anexo D y al cual se le ha agregado un amplificador inversor con ganancia igual a 1.5. Los 4 bits más significativos del convertidor D/A se conectarán a Vcc.

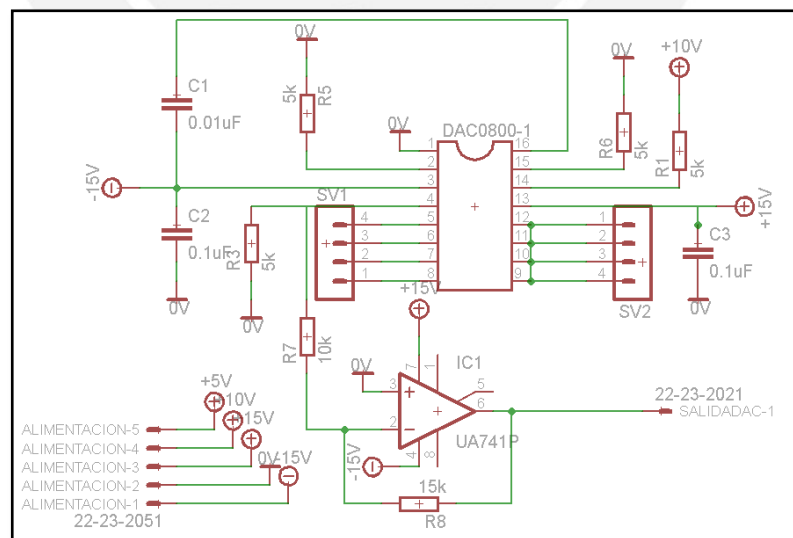
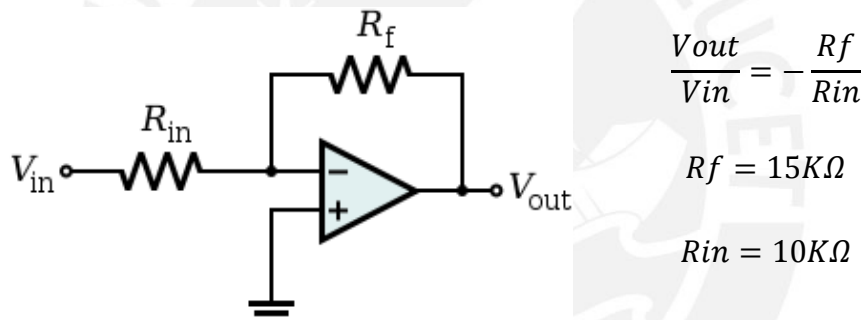


Fig. N°4.1.2. Acondicionamiento de las señales de salida.

4.1.4. Etapa del micro controlador y del LCD.

Como se mencionó en el capítulo anterior, se utilizará el micro controlador Atmega 16 de la familia Atmel por cumplir con los requerimientos antes expuestos.

Se configurarán las entradas del convertidor interno Analógico- Digital para obtener los valores que se muestran en el Anexo E, según la siguiente fórmula al usar solo 8 bits de los 10 bits del convertidor.

$$\text{Código binario} = \text{Ventrada} \times \frac{\text{Resolución}}{V_{ref}}$$

$$\text{Resolución} = 2^n - 1$$

$$n = \text{número de bits} = 8 \text{ bits}$$

$$V_{ref} = 5V$$

Así mismo, se usará una pantalla LCD de 20x2 (20 caracteres por 2 filas), por ser la cantidad necesaria de caracteres para los mensajes a transmitir en la presente aplicación.



Fig. N°4.1.4.1 Pantalla LCD 20x2.

En la siguiente figura se muestra la conexión del micro controlador Atmega 16 con el LCD, así como los circuitos de protección y los puertos que se usarán en el presente sistema, la hoja de datos se muestra en el Anexo F.

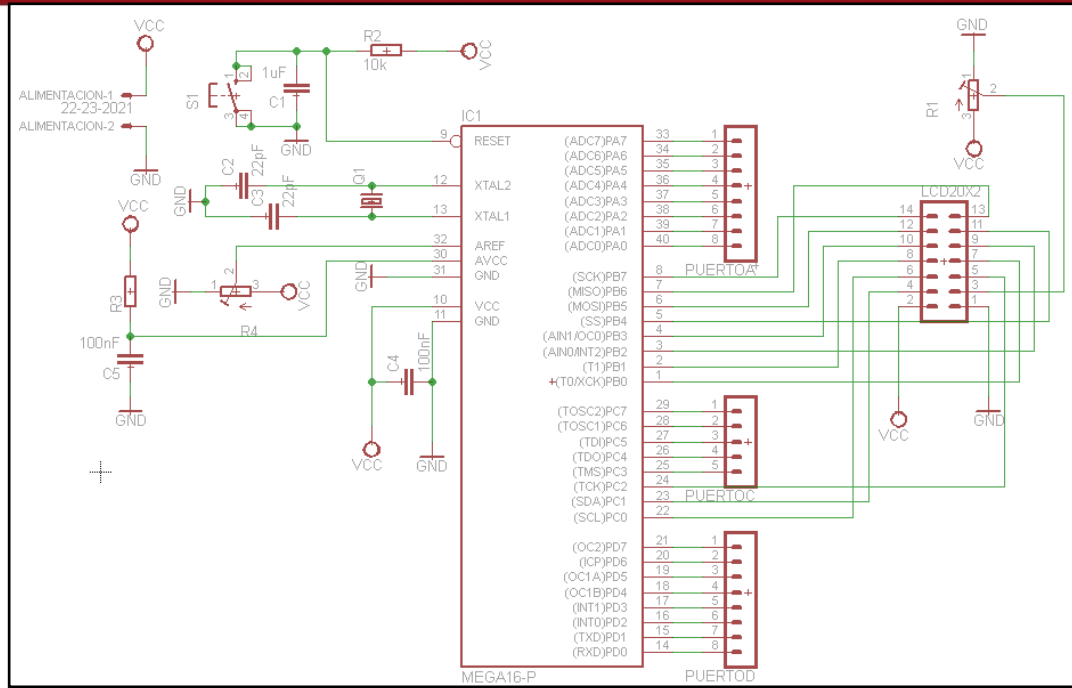


Fig. N°4.1.4.2 Circuito esquemático del Atmega16 y el LCD.

4.1.5. Etapa de alimentación.

Luego de diseñar todas las etapas del circuito, podemos determinar la alimentación necesaria para cada circuito, a continuación se muestra el diagrama esquemático del circuito y las tablas de cálculo de la corriente necesaria.

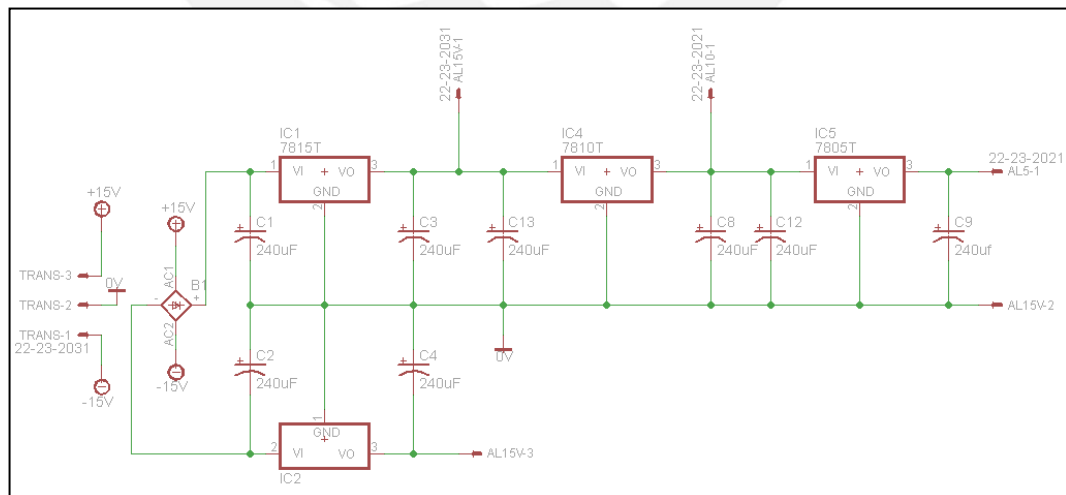


Fig. N°4.1.5.1. Circuito esquemático de la alimentación de la parte de control.

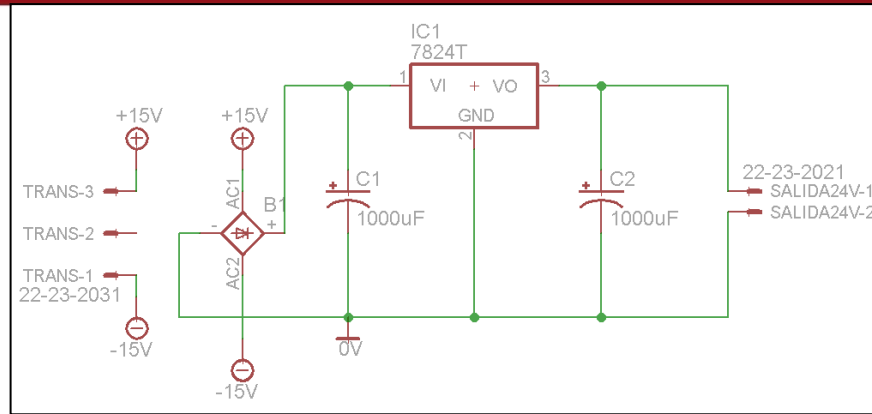


Fig. N°4.1.5.2. Circuito esquemático de la alimentación de la parte de potencia para los actuadores de válvula.

Tabla N°4.1.5.1. Potencia disipada por los reguladores de voltaje.

Regulador	Potencia disipada (mW)
7805	30.5
7810	68.5
7815	995
7824	3521
7915	704

Tabla N°4.1.5.2. Voltaje y corriente requeridos por los componentes principales del sistema.

Componente	Voltaje (V)	I _{max} consumida (mA)
Atmega16	5	1.1
Actuadores ABNM	24	83
LM35	5	10
UA741	±15	3.3
DAC0800	±15	3.8
LCD 20x2	5	5

De la tabla antes expuesta tenemos que el consumo por tarjeta es el siguiente:

Acondicionamiento de las señales de entrada: 26.6mA

Acondicionamiento de las señales de salida: 180.2mA

Tarjeta del Atmega16 y LCD: 6.1mA

Lo que nos da un total de 209.38 mA y un voltaje máximo de 15V sin contar el circuito de potencia de los actuadores, el cual no se implementará en la presente tesis, por lo cual seleccionaremos un transformador 15-0-15 de 1A.

4.2. Cálculo de errores teóricos del sistema.

4.2.1. Para el sensor de temperatura.

Error de exactitud del sensor.

De la hoja de datos tenemos que el error del LM35 es de $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$.

$$\text{Error del Sensor} = 1.5^{\circ}\text{C} \frac{10\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} = 15\text{mV}$$

Error de offset de la amplificación.

De la hoja de datos del LM741 se tiene que el voltaje de offset es de ± 15 mV, entonces:

$$\text{Ganancia} = 5$$

$$\text{Error de offset} = \text{Voltaje de offset} \times \text{Ganancia del amplificador}$$

$$\text{Error de offset} = \pm 15\text{mV} \times 5$$

$$\text{Error de offset} = 75\text{mV}$$

Error proveniente de la fuente de alimentación.

El error máximo que puede producirse en la alimentación viene determinado por los reguladores de voltaje de ± 15 voltios, los que presentan un error máximo de 90uV luego:

$$\text{Error fuente} = 90\mu\text{V} \times 15 \times 2$$

$$\text{Error fuente} = 2.7\text{mV}$$

Errores en el conversor A/D interno del Atmega16.

El fabricante indica que el error que puede llegar a presentarse con una señal de reloj del ADC de 200kHz es de 1.75LSB.

El voltaje de referencia escogido es de 5V, para la conversión son necesarios 8 bits, entonces se tiene:

$$1 \text{ LSB} = \frac{5}{2^8} = 19.53 \text{ mV}$$

Resolución máxima de temperatura:

$$\frac{100^\circ\text{C}}{2^8} = 0.39^\circ\text{C}$$

El microcontrolador ofrece 10 bits para la conversión, sin embargo, solo se usarán 8. En conclusión, el error que afectaría la medición sería de 1LSB o 19.53mV.

Error total de los circuitos de acondicionamiento de las entradas.

$$\begin{aligned} \text{Error total} &= (\text{Error offset} + \text{Error fuente} + \text{Error del sensor} \\ &+ \text{Error del ADC}) \times 2 \end{aligned}$$

$$= (75\text{mV} + 2.7\text{mV} + 15\text{mV} + 19.53\text{mV}) \times 2$$

$$= 224.46\text{mV}$$

4.2.2. Para los actuadores.

Error de offset

De la hoja de datos del LM741 se tiene que el voltaje de offset es de ± 15 mV, entonces:

$$\text{Ganancia} = 1.5$$

$$\text{Error de offset} = \text{Voltaje de offset} \times \text{Ganancia del amplificador}$$

$$= \pm 15\text{mV} \times 1.5$$

$$= 22.5\text{mV}$$

Errores en el conversor D/A.

En el caso de los actuadores El voltaje de referencia escogido es de 10V, para la conversión son necesarios 8 bits, entonces se tiene:

$$1 \text{ LSB} = \frac{10}{2^8} = 39.06 \text{ mV}$$

El DAC0800 de 8 bits presenta un error de $\pm 1\text{LSB}$ o 39.06mV.

Error total de los circuitos de acondicionamiento de las salidas.

$$\begin{aligned}
 \text{Error total} &= (\text{Error de offset} + \text{Error del DAC}) \times 2 \\
 &= (22.5\text{mV} + 39.06\text{mV}) \times 2 \\
 &= 123.12\text{mV}
 \end{aligned}$$

4.3. Programación.

El control de la apertura de las válvulas se ha realizado en base a cálculos matemáticos según la siguiente ecuación en función a la temperatura deseada, ingresada por el usuario.

Primera ley de Termodinámica para sistemas abiertos estables.

$$\dot{Q} - \dot{W} + \sum_{in} \dot{m} \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right) - \sum_{out} \dot{m} \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right) = 0$$

$$E_c = \frac{V^2}{2}$$

$$E_p = gz$$

\dot{Q} : Flujo de calor perdido por el sistema

g : gravedad

\dot{W} : Potencia suministrada al sistema

z : altura

h : Entalpía

E_c : Energía Cinética

\dot{m} : Flujo másico

E_p : Energía Potencial

V : Velocidad

Al ser la energía cinética y la energía potencial casi despreciables, no las consideraremos ya que no afectan el resultado de manera considerable, así

mismo se asumirán mínimas las pérdidas de calor y la potencia suministrada.

$$\sum_{in} \dot{m} (h) - \sum_{out} \dot{m} (h) = 0$$

$$\sum_{in} \dot{m} \times h = \sum_{out} \dot{m} \times h$$

$$\dot{m}_{fria} \times h_{fria} + \dot{m}_{caliente} \times h_{caliente} = \dot{m}_{mezcla} \times h_{mezcla}$$

A continuación se muestran las igualdades que nos permiten usar dicha fórmula para la presente aplicación:

$$h = CpT \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$$

T : Temperatura [$^{\circ}C$]

$$Cp: \text{Calor específico} \left[\frac{Kj}{Kg \times ^{\circ}C} \right]$$

$$Cp \text{ del agua} = 4.1813 \frac{KJ}{Kg \times ^{\circ}C}$$

$$\dot{m} = (\rho \times \dot{v}) \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

$$\dot{v}: \text{Flujo volumétrico} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$\rho: \text{Densidad} \left[\frac{Kg}{l} \right]$$

$$\rho \text{ del agua} = 1 \frac{Kg}{l}$$

Ecuación de continuidad:

$$\dot{m}_{fria} + \dot{m}_{caliente} = \dot{m}_{mezcla}$$

Con las ecuaciones antes expuestas, se muestra la función de relación entre el flujo de agua (fría y caliente) y la temperatura de la mezcla, la cual se usará para la programación.

$$\begin{aligned} \dot{m}_{fría} \times 4.1813 \times T_{fría} + \dot{m}_{caliente} \times 4.1813 \times t_{caliente} \\ = \dot{m}_{mezcla} \times 4.1813 \times t_{mezcla} \end{aligned}$$

$$\dot{m}_{fría} \times T_{fría} + \dot{m}_{caliente} \times T_{caliente} = \dot{m}_{mezcla} \times T_{mezcla}$$

$$\dot{m}_{fría} \times T_{fría} + \dot{m}_{caliente} \times T_{caliente} = (\dot{m}_{fría} + \dot{m}_{caliente}) \times T_{mezcla}$$

$$T_{mezcla} = \frac{(\dot{m}_{fría} \times T_{fría} + \dot{m}_{caliente} \times T_{caliente})}{(\dot{m}_{fría} + \dot{m}_{caliente})}$$

Luego de realizar mediciones en los diferentes distritos de la ciudad de Lima, las cuales se muestran en el Anexo A, se ha podido establecer el flujo promedio en los hogares, siendo lo primordial el verificar que el flujo del agua fría y el flujo del agua caliente no difieren mucho entre sí lo cual se usó para la programación del sistema.

En el Anexo G se presentan los diagramas de flujo del algoritmo de control de la ducha automatizada. El programa principal se encarga de preguntar al usuario si desea configurar o si desea acceder a la temperatura guardada para cada usuario, luego de elegida la opción se iniciará el proceso escogido teniendo como resultado la señal de apertura de los actuadores según la temperatura deseada de acuerdo a la ecuación previamente expuesta.

La programación del algoritmo de control se ha realizado en lenguaje ensamblador en el programa Visual Micro Lab, en el cual se ha comprobado su correcto funcionamiento, lo cual se explicará posteriormente.

4.4. Implementación del prototipo.

En el anexo H se muestra el diseño de las tarjetas impresas ruteadas en base a los circuitos esquemáticos con el software Eagle 6.2.0 junto con su respectiva implementación donde se comprobó su correcto funcionamiento, el cual se explicará posteriormente.

Cabe indicar que no se implementó la alimentación de la parte de potencia al no considerar los actuadores de válvula en la implementación.

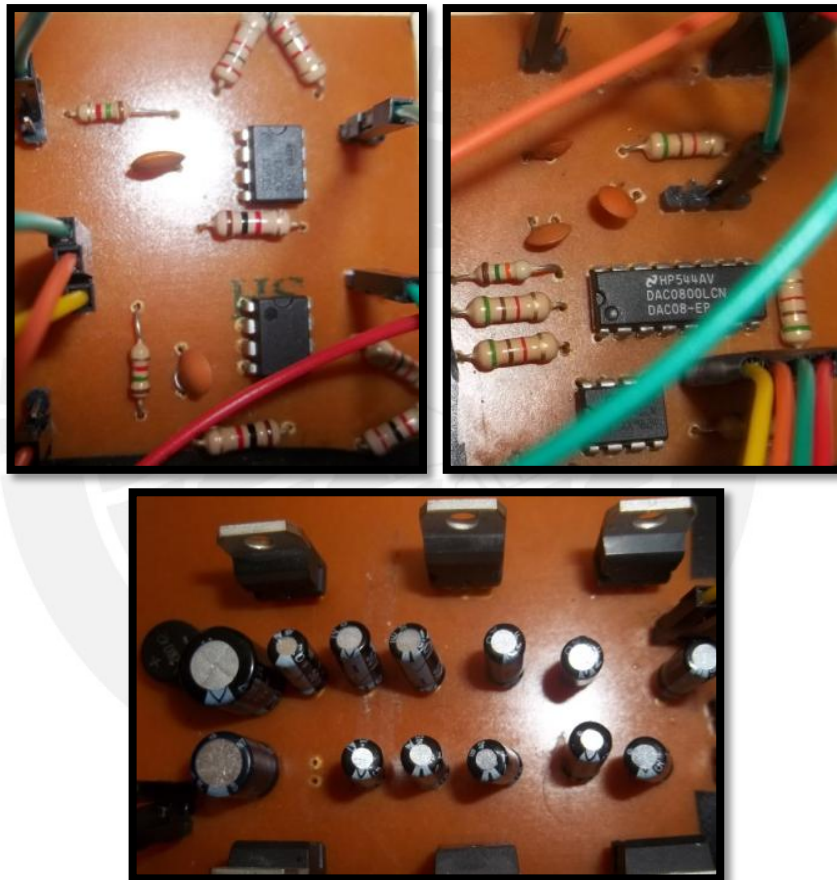


Fig. N°4.4.6. Implementación de los circuitos impresos.

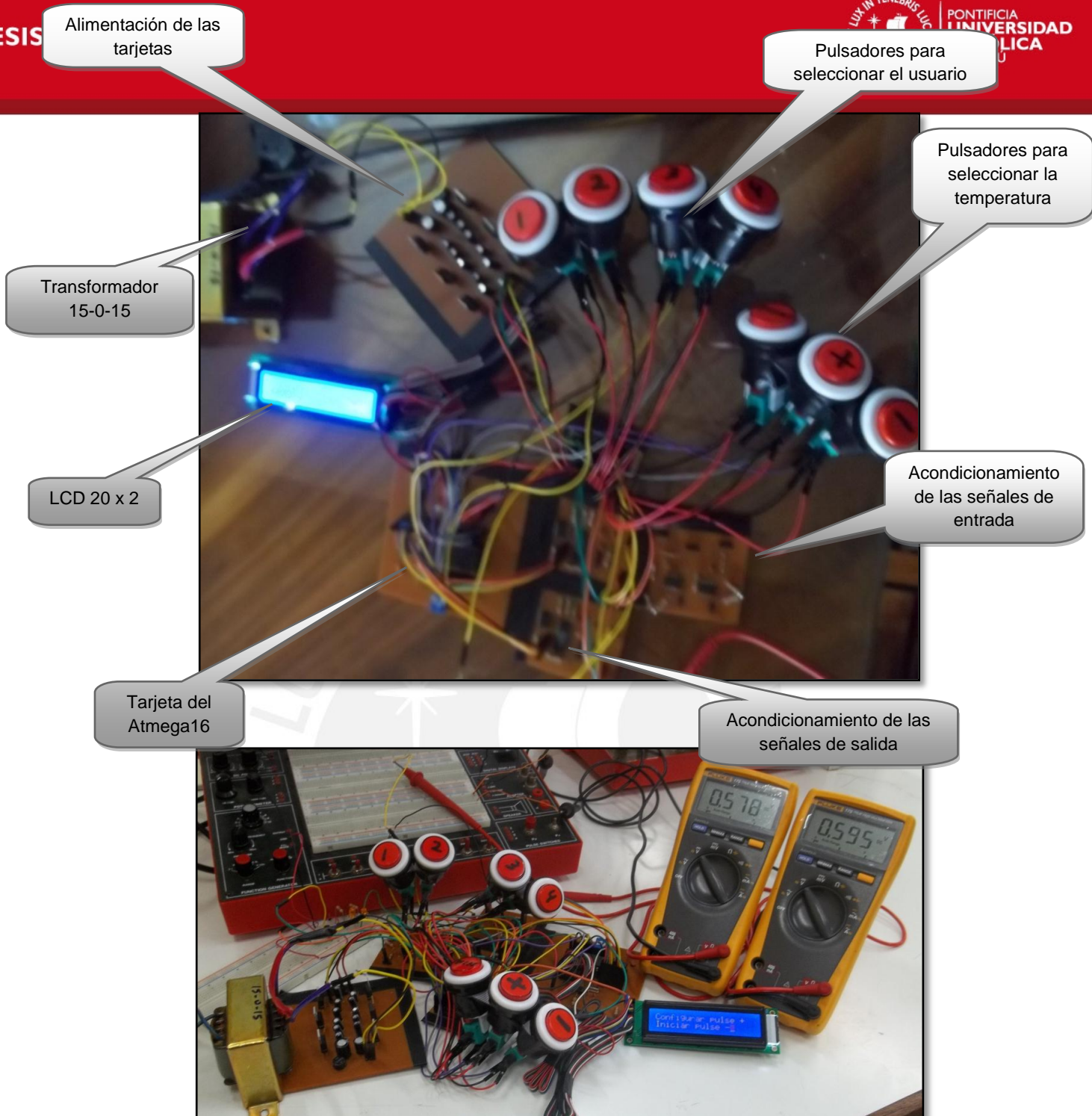


Fig. N°4.4.7. Integración de las etapas.

4.5. Resultados.

4.5.1. Resultados Simulados.

Circuitos simulados en Proteus Professional 7.

Se ha simulado el circuito de acondicionamiento de las señales de entrada en el cual se puede observar la correcta amplificación con un valor teórico de ganancia igual a 5.

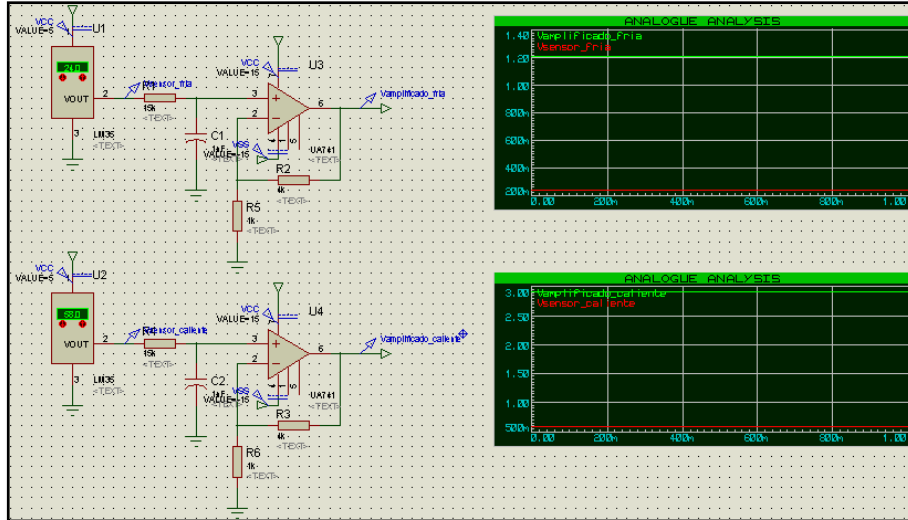


Fig. N°4.5.1.1. Simulación del acondicionamiento de las señales de entrada.

En la siguiente gráfica se muestra el diagrama de simulación y posteriormente la tabla de los resultados obtenidos a la salida del conversor digital - analógico para la apertura de las válvulas de 0-100% con una variación de 10% (aproximadamente 1v)

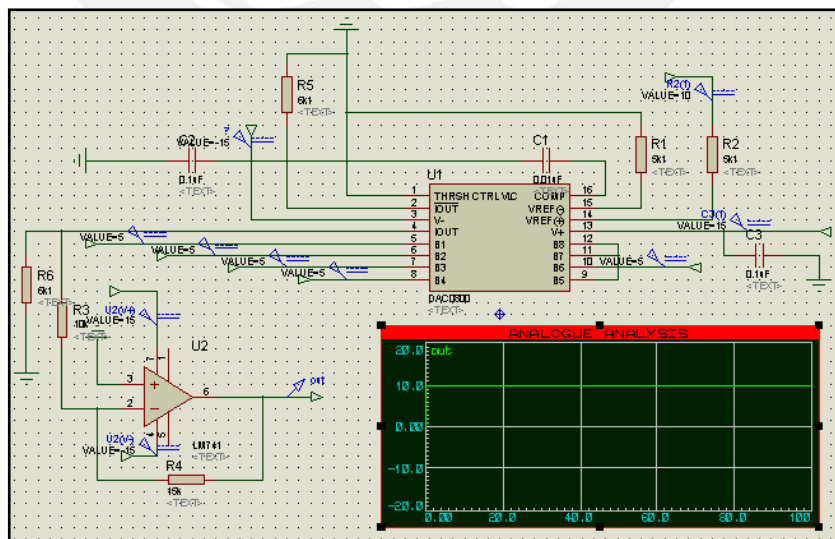


Fig. N°4.5.1.2. Simulación del acondicionamiento de las señales de salida.

Tabla N°4.5.1. Comparación de valores teóricos y valores simulados.

Código binario	Voltaje teórico (V)	Voltaje Simulado (V)
11111111	10	9.90
11011111	8.75	8.66
11001111	8.12	8.04
10101111	6.86	6.79
10011111	6.24	6.17
01111111	4.98	4.93
01101111	4.35	4.31
01001111	3.10	3.07
00111111	2.47	2.45
00011111	1.22	1.21
00001111	0.59	0.59

Programa simulado en Visual Micro Lab.

En el Anexo I se muestran algunos de los resultados al simular el programa en Visual Micro Lab, el cual fue programado en lenguaje ensamblador según la lógica previamente descrita. El código ensamblador completo se muestra en el Anexo J.

4.5.2. Resultados Implementados.

Con respecto a las señales de entrada, el sensor de temperatura del agua caliente ha sido simulado por un módulo analógico y el sensor de temperatura del agua fría se ha medido con el sensor LM35 con temperatura ambiente, por lo cual tenemos los siguientes valores de voltaje a la salida de los sensores los cuales han sido amplificados con un valor de ganancia teórico igual a 5 y un valor de ganancia real entre 5.02 y 5.14.

$$T_{caliente} = 57.5^{\circ}C$$

$$T_{fría} = 25.8^{\circ}C$$



Fig. N°4.5.2.1. Voltajes de los sensores de temperatura.



Fig. N°4.5.2.2. Voltajes amplificados de los sensores de temperatura.

Con respecto a las señales de salida, en la implementación no se han considerado los actuadores de válvulas por ser de elevado costo, por lo cual se han verificado los voltajes de salida que se conectarían directamente a los actuadores.

Al iniciar el equipo podemos observar un mensaje de bienvenida junto con un mensaje posterior donde se indica las opciones a realizar.



Fig. N°4.5.2.3. Menú de opciones.

En caso sea el primer uso del equipo no se podrá iniciar por no contar con temperatura deseada, por lo cual se enviará a configurar.



Fig. N°4.5.2.4. Indicaciones de configuración.

Luego de mostrar las indicaciones para configurar se iniciará la configuración con la temperatura mínima posible, la cual se podrá aumentar cada 4°C y llegará como máximo a 48°C para evitar quemaduras en los usuarios.

Conforme se vaya realizando la configuración se activarán los actuadores según la temperatura escogida, permitiendo que el usuario pueda sentir mediante el tacto la temperatura deseada.



Fig. N°4.5.2.5. Voltaje de salida hacia los actuadores para una temperatura deseada de 24°C.

En el multímetro Fluke 175 se muestra el voltaje de salida que irá a los actuadores, al lado derecho se encuentra el actuador de válvula del flujo de agua fría, la cual se encontraría abierta a un 99% con un voltaje cercano a 10v, al lado izquierdo se encuentra el actuador de válvula del flujo de agua caliente, el cual se encontraría completamente cerrado con un voltaje cercano a 0v.

A continuación se muestra la variación de ambos voltajes (porcentajes de apertura) conforme la temperatura deseada va siendo modificada por el usuario.



Fig. N°4.5.2.6. Variación del voltaje de salida según la temperatura deseada.

En caso el usuario quisiera una temperatura fuera del rango indicado se le notificará con los siguientes mensajes según sea el caso.



Fig. N°4.5.2.6. Restricciones de la temperatura deseada.

Una vez escogida la temperatura deseada al presionar fin se le indicará al usuario en que número ha sido guardada su configuración, teniendo en cuenta el usuario que se encuentre libre, revisándolos en orden ascendente.

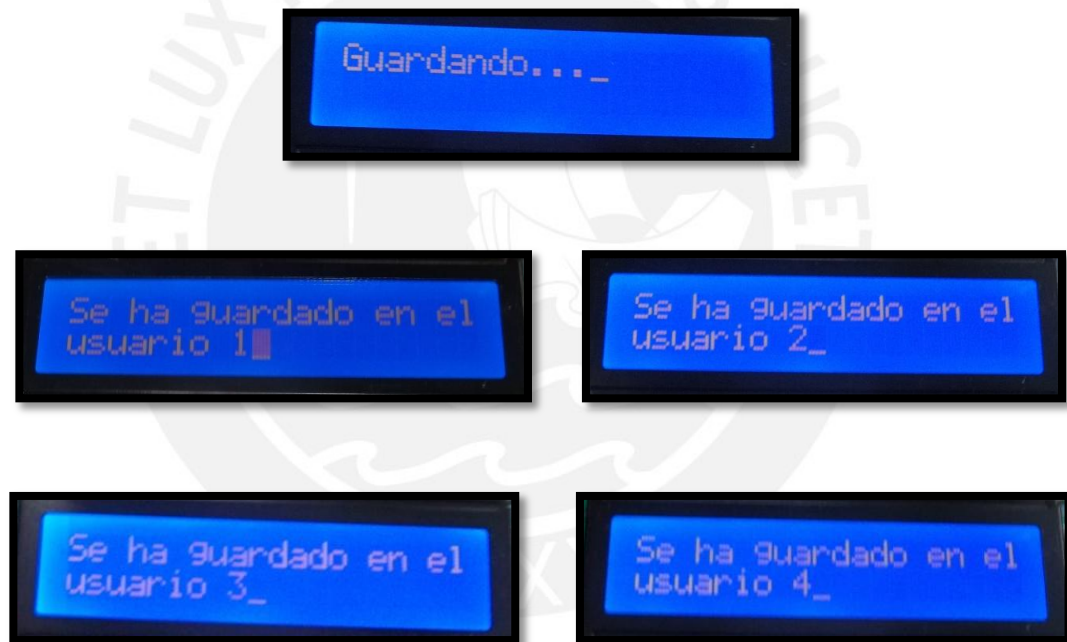


Fig. N°4.5.2.7. Indicación de configuración guardada.

En caso que todos los números de usuarios estén siendo usados se avisará y se consultará al usuario cual desea reemplazar, indicándole que presione el número de usuario que desea reemplazar.



Fig. N°4.5.2.8. Indicaciones para reemplazar una configuración.

Luego de guardar la configuración deseada la ducha continuará encendida hasta que el usuario lo decida y presione el botón “fin”.



Fig. N°4.5.2.9. Mensaje de espera mientras termina el proceso de aseo.

Luego de configurar el equipo, en los próximos usos solo deberá escoger iniciar y seleccionar el número de usuario donde se ha guardado su configuración.



Fig. N°4.5.2.10. Selección del usuario.

Si la temperatura del agua caliente es menor a la temperatura deseada aparecerá el siguiente mensaje y el sistema se quedará en espera hasta que la temperatura caliente haya aumentado o se haya escogido una temperatura deseada menor. Dicho mensaje aparecerá tanto en la etapa de configuración como cuando esté operando el equipo normalmente.



Fig. N°4.5.2.11. Voltaje de los sensores de temperatura.

4.6. Presupuesto del sistema.

El siguiente presupuesto se realizó en base a precios del mercado peruano a excepción de los artículos indicados con * que requieren importación, lo cual eleva el costo.

Tabla N°4.6. Costos del sistema.

Componente	Cantidad	Precio por unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Resistencias	20	0.05	1
Condensadores	27	0.15	4
Atmega16	1	18	18
Tarjetas impresas	5	10	50
Transformador 15-0-15	1	15	15
LM35	2	5	10
DAC0800	2	4	8
Reguladores de voltaje	6	1	6
UA741	4	0.5	2
Puente diodos	1	1	1
Pulsadores	7	4	28
LCD 20x2	1	25	25
Interruptor	1	4	4
Cristal D120F3I	1	1	1
Fusible y porta fusible	1	3	3
Potenciómetros	2	1	2
Conectores	50	0.3	15
Empaque FP-301*	2	10	20
Actuadores ABNM*	2	410	820
Lamina protectora de silicona	1	30	30
Chasis IPS-3919 con protección IP67*	1	120	120
Total			1163

CONCLUSIONES

- Cada una de las etapas del sistema presenta cierto nivel de error, lo cual genera variación en el resultado final de 224.46 mV a la entrada del micro controlador, lo cual para el sensor de temperatura representa aproximadamente 4°C, considerados en el diseño, lo cual no genera variación en la percepción de los usuarios.
- El sistema diseñado es capaz de simplificar el proceso de aseo de una persona con discapacidad en las extremidades superiores y a la vez permite a cualquier tipo de usuario tener mayor comodidad durante dicho proceso con una interfaz clara y de fácil uso.
- El consumo de corriente total del sistema es de 209.38 mA el cual en comparación con el consumo promedio de una terma de 25A, representa un 0.84% mayor al habitual.
- El costo del sistema es de 1163 soles, gasto que sólo debe realizarse una vez, lo cual se podría considerar un ahorro en comparación con el gasto mensual de 1500 soles al contratar a una persona especializada.

RECOMENDACIONES

- A fin de eliminar el error encontrado se podrían usar los amplificadores de instrumentación INA118 que presentan menor porcentaje de error, en comparación con el amplificador operacional UA741, aumentando así la precisión del sistema.
- Considerando un aumento en el presupuesto establecido, se podrían incluir medidores de flujo en las tuberías del agua fría y del agua caliente lo cual optimizaría la autorregulación al variar la temperatura durante el aseo personal.
- Se puede agregar un sensor de presencia para sensar el momento en que el usuario ingresa a la ducha y el momento en que culmina su proceso de aseo a fin de generar un ahorro de agua.
- Una optimización al sistema sería reemplazar los botones para la selección de la temperatura deseada y realizar dicho control mediante un comando de voz.
- Para la reducción de costos se podrían generar electroválvulas al conectar una válvula a un motor controlado por el micro controlador, haciendo uso de propiedades mecánicas y circuitos de ajuste necesarios para obtener un comportamiento similar a las electroválvulas o actuadores de válvula disponibles en el mercado, lo cual reduciría el costo considerablemente, aproximadamente en un 50%.

BIBLIOGRAFÍA

[1] DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.

Definición de discapacitado. [En línea] [Consultado 2012-06-14]
<http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=discapacitado>

[2] LA DISCAPACIDAD

Tipos de discapacidades. [En línea] [Consultado 2012-06-14]
<<http://www.ladiscapacidad.com/discapacidad/discapacidad.php>>

[3] LA DISCAPACIDAD

Reflexiones éticas sobre la discapacidad. [En línea] [Consultado 2012-06-14]
<<http://www.ladiscapacidad.com/eticaydiscapacidad/queesloquepuedeuncuerpo/index.html>>

[4] NACIONES UNIDAS.

Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. [En línea] [Consultado 2012-06-14]
<<http://www.un.org/spanish/disabilities/convention/draftconvention.html>>

[5] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA.

1993 Perfil socio-demográfico de las personas discapacitadas. [En línea] Lima, Perú. [Consultado 2012-06-14]
<<http://www1.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/LIb0045/DIS1-1.htm>>

[6] GOOGLE PATENTS

2008 Aplicación de patente Safe-T.Shower. [En línea] Estados Unidos. [Consultado 2012-06-14]

<http://www.google.com.pe/patents?hl=es&lr=lang_es|lang_en&vid=USPATAPP11713486&id=8sehAAAAEBAJ&oi=fnd&dq=electronic+device+to+control+temperature+for+a+shower&printsec=abstract#v=onepage&q&f=false>

[7] 2008-2009 ASPEN DESIGN CHALLENGE

2009 Finalistas del concurso “Designing Water’s Future” [En línea] Nueva York, Estados Unidos. [Consultado 2012-06-14]

<<http://www.aiga.org/content.cfm/news-090317>>

[8] AQUA CONTROL. ALTA TECNOLOGÍA SANITARIA.

Grifería de ducha. [En línea] Madrid, España. [Consultado 2012-06-14] <<http://www.aquacontrol.es/PDFs/GRIF15a18.pdf>>

[9] POWER WATER TEMPERATURE INNOVATING SINCE 1891.

Hydro panel II [En línea] Illinois, Estados Unidos. [Consultado 2012-06-14]

<http://www.powerscontrols.com/pages/product_full.asp?pid=486&keyword=hydroguard%20esp&ref=1>

[10] DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.

Definición de válvula [En línea] [Consultado 2012-06-14]

<http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=válvula>

[11] KUO, Benjamín C.

2003 Sistemas de control automático. México, D.F. Prentice Hall Hispanoamericana.

[12] OGATA, Katsuhiko.

1996 Sistemas de control en tiempo discreto. México, D.F. Prentice Hall

[13] ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY

Departamento de Ingeniería Electrónica. Comparativa de microcontroladores actuales. [En línea] [Consultado 2012-06-14]

<<http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2002-03/Micros/downloads/trabajo.pdf>>

[14] WORLD HEALTH ORGANIZATION

Guías para la calidad del agua potable. [En línea] [Consultado 2012-05-14]

<http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf>

[15] SCHOLARPEDIA

Thermal Touch. Lynette Jones, Department of Mechanical Engineering, MIT. [En línea] [Consultado 2012-05-14]

<http://www.scholarpedia.org/article/Thermal_touch>

[16] USGS: SCIENCE FOR A CHANGING WORLD

Water science for schools. [En línea] [Consultado 2012-05-14]

<<http://ga2.er.usgs.gov/edu/sq3action.cfm>>

[17] GENERAL ELECTRIC APPLIANCES

Electric Residential Water Heaters. [En línea] [Consultado 2012-05-14]

<[http://products.geappliances.com/MarketingObjectRetrieval/Dispatcher?RequestType=PDF&Name=AP12168-7%20\(GE%20Elec\).pdf](http://products.geappliances.com/MarketingObjectRetrieval/Dispatcher?RequestType=PDF&Name=AP12168-7%20(GE%20Elec).pdf)>

[18] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA.

Perfiles de condiciones de vida de los hogares. [En línea] Lima, Perú. [Consultado 2012-05-14]

<<http://www.inei.gov.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0180/C8-1.HTM>>

[19] ATMEL

Atmega16 datasheet. [En línea] [Consultado 2012-05-14]
<<http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf>>

[20] TEXAS INSTRUMENTS

LM35 datasheet. [En línea] [Consultado 2012-05-14]
<<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>>

[21] DANFOSS HEATING

Actuator type ABNM [En línea] [Consultado 2012-05-14]
<http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VD78H602_ABNM_082F1091_teamcent.pdf>

