



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

TEMA:

**Diseño e implementación de un equipo basado en microcontroladores
y energía solar para determinar el índice de masa corporal en humanos.**

AUTOR:

Ponce Játiva Jorge Eduardo

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

Ing. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente, Mgs.

Guayaquil, Ecuador

18 de septiembre del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Ponce Játiva, Jorge Eduardo**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**.

TUTOR (A)

f. _____
Ing. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente, Mgs.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, MSc.

Guayaquil, a los 18 días del mes de septiembre del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ponce Játiva, Jorge Eduardo

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño e implementación de un equipo basado en microcontroladores y energía solar para determinar el índice de masa corporal en humanos**, previo a la obtención del título de **ingeniero electrónico en control y automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 18 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

f. _____
Ponce Játiva, Jorge Eduardo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ponce Játiva, Jorge Eduardo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño e implementación de un equipo basado en microcontroladores y energía solar para determinar el índice de masa corporal en humanos**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 18 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR:

f. _____
Ponce Játiva, Jorge Eduardo

REVISIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN CON PROGRAMA ANTI PLAGIO URKUND

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TÍTULO: "Diseño e implementación de un equipo basado en microcontroladores y energía solar para determinar el índice de masa corporal en humanos.

AUTOR: PONCE JÁTIVA JORGE EDUARDO

FECHA: 2018-09-03

URKUND

Documento: [Tesis VERSION FINAL.docx](#) (D41104570)

Presentado: 2018-09-03 03:21 (-05:00)

Presentado por: Jorge Ponce Játiva (jp_angel_jp@hotmail.com)

Recibido por: eduardo.mendoza01.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: Revisión urkund Jorge Ponce [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 50 páginas, se componen de texto presente en 5 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
>	ceballos tesis compj...
	Tesis Erik Liger.docx
	Trabajo de Titulacion...
	http://www.who.int/e...
	http://files.sld.cu/bm...
	tesis_Renato_Torres...
	http://www.who.int/e...
	http://dspace.espoch...

Fuentes alternativas

equipo basado en microcontroladores para determinar a partir de sensores el índice de masa corporal y grasa corporal.

1 Advertencias. Reiniciar

63% # 1 Activo Archivo de registro Urkund: ... 63%

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO	Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo
TUTOR: Ing. Mendoza Merchán,	TUTOR: Mendoza Merchán, Eduardo Vicente

El trabajo de titulación del estudiante: **Ponce Játiva Jorge Eduardo**, observa un porcentaje inferior al 2% de coincidencias con otros documentos encontrados en el internet.

Ing. Eduardo Mendoza Merchán, Mgs
f) **DOCENTE-TUTOR**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a mi madre, por siempre apoyarme y estar pendiente de mí en todo momento, y por su gran amor que siempre me inspira a ser mejor persona.

A mi padre, que, a pesar de pasar momentos difíciles, nunca me negó su ayuda en momentos que lo he necesitado.

A Fabiola Ramírez, por ser una persona excepcional, hermosa y humilde, que me brindo su tiempo, apoyo incondicional y paciencia, y a su familia por aguantarme y estar siempre dispuestos a ayudarme en cualquier situación.

A mis compañeros y amigos de la universidad por siempre ayudarme con las inquietudes o dificultades que he tenido en el transcurso de la vida universitaria, y por brindarme momentos entretenidos y apoyo, en especial a mis amigos Jordy Garces, Kevin Pincay y Cinthya Lema.

A Bryan Vaca, Mauricio Hernandez, Paulette Ganchozo, Eliana Hernandez, Marco León, Andrés Martínez, Sandi Gómez, Leonela Herrera, Veronica Guzmán, Sol Gracia, Gissella Barzola, Carolina Guthemberg, Alex Panchana, Lady Cedeño y Valeria Toro, personas que he conocido durante el tiempo universitario y amigos del colegio, gracias a ellos he tenido momentos únicos, apoyo en todo momento, y situaciones entretenidas que me ha ayudado a despejar mi mente, solucionar problemas personales y pasar por alto lo estresante que puede ser la universidad.

A todos los profesores de la facultad por aportar con sus conocimientos y ayudarme en mi formación profesional.

Finalmente, a mí.

Jorge Ponce Játiva

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo a mis padres, familia, a Fabiola Ramírez y a mis amigos. A todas esas personas que siempre han estado brindándome sus consejos y preocupándose por mí.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO**

f. _____

**M. Sc. CORDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO
COORDINADOR DEL ÁREA**

f. _____

**M. Sc. SUÁREZ MURILLO, EFRAÍN OSWALDO
OPONENTE**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	4
ASPECTOS GENERALES	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Justificación	5
1.3 Delimitación	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos Específicos	6
1.5 Hipótesis	6
1.6 Metodología de la investigación.....	7
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Estado del arte.....	9
2.2 Sobrepeso y obesidad	13
2.2.1 Causas del sobrepeso y obesidad	14
2.2.2 Consecuencias de la obesidad	14

2.2.3	IMC.....	14
2.2.4	Clasificación de la obesidad.....	14
2.2.5	Calculo del porcentaje de grasa corporal.....	15
2.2.6	Parámetros antropométricos humanos.....	15
2.3	Sensores para salud medica.....	16
2.3.1	Características de los sensores.....	17
2.3.2	Básculas digitales, sensor de peso.....	17
2.3.3	Sensor de altura, HC-SR04.....	19
2.4	Microcontrolador.....	20
2.4.1	Características de los microcontroladores.....	20
2.4.2	Aplicaciones de los microcontroladores.....	22
2.4.3	Arduino Mega 2560.....	22
2.4.4	Mapeo de patillas del Arduino Mega 2560.....	23
2.4.5	Características generales del Arduino Mega 2560.....	24
2.5	Sistema fotovoltaico.....	24
2.5.1	Sistema fotovoltaico de redes aisladas (OFF GRID).....	24
2.5.2	Módulos Fotovoltaicos.....	25
2.5.3	Controlador de carga.....	27
2.5.4	Batería para paneles solares.....	28
CAPÍTULO III.....		30
ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL EQUIPO PARA MEDICIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL EN HUMANOS.....		30
3.1	Consideraciones generales del equipo de medición del estado nutricional en humanos.....	30

3.1.1	Descripción del equipo de medición del estado nutricional en humanos	30
3.1.2	Características del equipo de medición del estado nutricional en humanos	32
3.1.3	Funciones del equipo	34
3.2	Análisis del equipo de medición del estado nutricional en humanos	34
3.3	Subsistema de soporte físico del equipo de medición del estado nutricional en humanos	35
3.3.1	Análisis de los materiales del soporte físico.....	37
3.3.2	Análisis del dimensionamiento del equipo.....	38
3.3.3	Análisis de las partes estructurales del equipo	41
3.4	Subsistema de alimentación y generación de energía	44
3.4.1	Análisis del consumo del equipo	45
3.4.2	Análisis de los componentes del sistema de alimentación.....	46
3.4.3	Generación y almacenamiento de energía fotovoltaica.....	47
3.5	Subsistema de sensores.....	49
3.5.1	Sensor ultrasónico HC-SR04	49
3.5.2	Sensor de peso y HX711	52
3.6	Subsistema de interfaz	56
3.6.1	Teclado matricial 4x4	56
3.6.2	Pantalla LCD	57
3.7	Subsistema de control	58
3.7.1	Análisis del subsistema de control	58

3.7.2	Análisis de la programación del subsistema de control.....	60
3.8	Pruebas de funcionamiento	62
3.8.1	Prueba de la balanza	62
3.8.2	Pruebas con el sensor ultrasónico HC-SR04	63
3.8.3	Pruebas del cálculo índice de masa corporal y grasa corporal	65
3.9	Cálculo de costos	66
CAPÍTULO IV	69
PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
4.1	Presentación de resultados	69
4.1.1	Resultados del Hardware	69
4.1.2	Resultados del software	70
4.1.3	Resultados de la interfaz del usuario	70
4.1.4	Resultados de las pruebas del prototipo	70
4.1.5	Resultados generales del sistema: Descripción, características y funciones	70
4.2	Discusión de resultados.....	72
4.2.1	Análisis de las características y funciones del equipo.....	72
4.2.2	Cumplimiento de los objetivos.....	74
4.2.3	Análisis de la metodología	74
4.2.4	Análisis de la hipótesis de la investigación.....	75
4.2.5	Análisis de la solución del problema de investigación.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
	Conclusiones.....	76
	Recomendaciones.....	77

Trabajo futuro	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Balanza electrónica.....	18
Figura 2. Celda de carga.	18
Figura 3. Sensor Ultrasónico HC-SR4.	19
Figura 4. Partes que componen un microcontrolador.	21
Figura 5. Arduino Mega 2560 R3.....	23
Figura 6. Mapeo de patillas del Arduino Mega 2560.....	23
Figura 7. Sistema típico de redes aisladas.	25
Figura 8. Panel fotovoltaico.	25
Figura 9. Curva de Característica (I - V).	26
Figura 10. Etapas de carga de la batería a través del controlador.....	27
Figura 11. Controlador de carga solar.	28
Figura 12. Partes de una batería para sistemas fotovoltaicos.	28
Figura 13. Diagrama de flujo del funcionamiento del equipo.	32
Figura 14. Estructura de los subsistemas del equipo.....	35
Figura 15. Vista 3D del equipo.....	36
Figura 16. Vista lateral del equipo.....	37

Figura 17. Estructura del equipo en acero galvanizado.	38
Figura 18. Bases en acero negro del equipo.	38
Figura 19. Dimensiones del equipo vista posterior.	39
Figura 20. Dimensiones del equipo vista superior.	40
Figura 21. Dimensiones de la base del equipo, vista lateral.	41
Figura 22. Vista de los elementos externos del equipo.....	41
Figura 23. Soporte panel solar.....	42
Figura 24. Vista lateral panel solar.....	42
Figura 25. Bandeja de la balanza.	43
Figura 26. Vista posterior del equipo.	44
Figura 27. Esquema sistema de alimentación.	44
Figura 28. Panel solar.....	46
Figura 29. Batería y controlador panel solar.	47
Figura 30. Diagrama de flujo generación y almacenamiento de energía.	48
Figura 31. Sensor ultrasónico.	49
Figura 32. Conexión del sensor HC-SR04 a las patillas del Arduino.	50
Figura 33. Diagrama de flujo programación sensor HC-SR04.....	51
Figura 34. Celda de carga.	52
Figura 35. Equivalencia eléctrica de la celda de carga.	52
Figura 36. Conexión del HX711 con Arduino.....	53
Figura 37. Diagrama de flujo calibración balanza.	54
Figura 38. Diagrama de flujo programación balanza.	55
Figura 39. Teclado matricial 4x4.....	56

Figura 40. Conexión teclado matricial 4x4 con Arduino.	57
Figura 41. Conexión LCD con Arduino.	58
Figura 42. Regulador 7805.	59
Figura 43. Circuito de control.	59
Figura 44. Diagrama de flujo subsistema de control.	60
Figura 45. Prueba calidad de precisión balanza.	62
Figura 46. Prueba del sensor HC-SR04.	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la Obesidad según el IMC.	14
Tabla 2. Consumo de los elementos del equipo.	45
Tabla 3. Porcentaje de error balanza.	63
Tabla 4. Porcentaje de error sensor HC-SR04.	64
Tabla 5. IMC Real y Grasa Corp. Real Vs IMC Medido y Grasa Corp. Medido.	65
Tabla 6. Porcentaje de error peso, talla, IMC, y grasa corporal.	66
Tabla 7. Lista de materiales del equipo.	67
Tabla 8. Costo soporte físico del equipo.	68

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la duración de la batería.	45
--	----

Ecuación 2. Obtención del valor de calibración para el sensor de peso.	53
Ecuación 3. Cálculo del índice de masa corporal.	61
Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de grasa corporal.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE DATOS HX711.	83
ANEXO B. HOJA DE DATOS HC-SR04.	92
ANEXO C. HOJA DE DATOS ARDUINO MEGA2560.	95
ANEXO D. MANUAL CMP12 SOLAR CHARGE CONTROLLER.	103

RESUMEN

El presente proyecto de titulación está orientado a la obtención de indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo, para ello, se desarrolló un sistema, basado en microcontroladores y sensores, que fuera capaz de medir de forma correcta, precisa y rápida los valores como peso y estatura de una persona, para luego calcular el índice de masa corporal y grasa corporal, y para finalmente mostrarlo en una pantalla LCD, además el proyecto usará energía fotovoltaica para su alimentación, por lo que no necesitaría estar conectado a la red pública. Para el desarrollo del proyecto se tuvo que diseñar un soporte físico donde se alojarían todos los subsistemas del equipo, y lograr el correcto funcionamiento del equipo. Se utilizó metodologías experimentales y bibliográficas, lo cual permitió el análisis de diferentes artículos científicos referentes al tema propuesto y además a la comprensión de las características de los elementos a utilizar. Al finalizar la investigación, se evidencia el correcto funcionamiento del equipo, el cual posee un porcentaje de error de mediciones de peso y estatura menor al 2%, cumpliendo la hipótesis planteada. Finalmente, el proyecto pretende generar conciencia en las personas sobre el tema de la obesidad. Los valores de índice de masa corporal y grasa corporal fueron realizados con personas de diferentes pesos, estaturas, sexos y edades con un error inferior al 2%, por lo que se puede desarrollar equipos de mediana precisión partiendo de sensores de bajo costo para la determinación de valores antropométricos.

Palabras claves: EQUIPO DE IMC, MEDICIÓN DE INDICADORES ANTROPOMETRICOS, ARDUINO IMC, ESTADO NUTRICIONAL, MICROCONTROLADORES, NUTRICIÓN.

ABSTRACT

The present project of investigation is oriented to the obtaining human anthropometric indicators for the nutritional diagnosis of an individual, for it, a system was developed, based on microcontrollers and sensors, which are able to measure in a correct and precise form, values like weight and height of a person, for later calculate the body mass index and body fat, and finally show it on an LCD, besides the project will use photovoltaic energy for its power, so it wouldn't need to be connected to the public network, for the development of the project was necessary to design a physical support where all the subsystems of the equipment would be housed, and the correct functioning of the equipment would be achieved. Experimental and bibliographical methodologies were used, which allowed the analysis of different scientific articles related to the proposed topic and also to the compression of the characteristics of the elements to be used. At the end of the development of the equipment, the correct functioning of the equipment is evidenced, which has a percentage of error of measurements of weight and height of less than 2%, fulfilling the proposed hypothesis. The project aims to raise awareness among people about the issue of obesity. The values of body mass index and body fat were made with people of different weights, statures, sexes and ages with an error lower than 2%, so that it is possible to develop medium precision equipment based on low cost sensors for the determination of anthropomorphic values.

Key Words: BODY MASS INDEX EQUIPMENT, MEASUREMENT OF ANTHROPOMETRIC INDICATORS, ARDUINO BODY MASS INDEX, NUTRITIONAL STATUS, MICROCONTROLLERS, NUTRITION.

INTRODUCCIÓN

El sobrepeso y la obesidad se pueden definir como la acumulación excesiva de grasa en el cuerpo, que ocasiona graves problemas de salud en tiempos cortos o largos dependiendo la gravedad. De acuerdo con las estadísticas mundiales de 2014, más de uno de cada tres (el 39%) de los adultos de 18 años o más tenía sobrepeso. La prevalencia mundial de la obesidad se duplicó con creces entre 1980 y 2014 y, en ese año, el 11% de los varones y el 15% de las mujeres (más de medio billón de adultos) eran obesos (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Las ENT o enfermedades no transmisibles, también conocidas como enfermedades crónicas, son aquellas que se generan por la combinación de factores ambientales, genéticos, fisiológicos y conductuales, y que tienen un gran impacto a nivel mundial por el porcentaje muertes anuales que ocasionan. Las principales ENT son las enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes. Estas enfermedades afectan a todas las personas sin importar la edad, sexo o condición social, y son generadas por dietas malsanas, la inactividad física, la exposición humo del tabaco o el uso nocivo del alcohol. Las dietas malsanas y la inactividad física manifiestan problemas como tensión arterial alta, el aumento de lípidos en la sangre y la glucosa, y la obesidad.

En el Ecuador existe una prevalencia de la obesidad en adultos mayores a 19 años y menores a 60. El índice de prevalencia es mayor en las mujeres con un porcentaje de 65.5% en comparación con los hombres que es un 60%. El grupo étnico con mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad es el afroecuatoriano (64.4%); mientras que la subregión con la mayor prevalencia es Galápagos, con 75.9%, seguida con una diferencia de 9.1 pp por la ciudad de Guayaquil, con 66.8%. Cabe destacar que en Galápagos tres de cada cuatro adultos tienen sobrepeso u obesidad. Los resultados indican que 18 de 24 provincias más Quito y Guayaquil tienen prevalencias de exceso de peso en adultos por encima del 60%, es decir, en el 70% del territorio nacional

aproximadamente 6 de cada 10 ecuatorianos padecen de sobrepeso u obesidad (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2013).

La toma de medidas de parámetros humanos antropométricos, tales como el peso y la talla, ayuda a obtener el Índice de Masa Corporal [IMC], este valor es el más utilizado en la valoración nutricional de la persona en una consulta médica, y además da la referencia de su estado de sobrepeso, obesidad y desnutrición.

En el presente trabajo se analizará y diseñará un equipo de medición del estado nutricional humano, para ello se ha desarrollado una investigación correlacional, utilizando los métodos bibliográficos y experimentales. El trabajo está distribuido en cuatro capítulos. El primer capítulo detalla el problema planteado, la justificación, los objetivos a cumplir, y la hipótesis. En el segundo capítulo se centra en el marco teórico que servirá de apoyo para el desarrollo del proyecto. En el tercer capítulo se explica el desarrollo del proyecto, se detallan 5 subsistemas que conforman al equipo, y las pruebas experimentales. El cuarto capítulo está orientado a presentar un resumen de los resultados obtenidos y la discusión.

Como parte de los resultados se implementó un equipo para el cálculo del IMC (Índice de Masa Corporal), utilizando sensores de peso, estatura y un microprocesador, calcula los valores del estado nutricional (IMC e índice de grasa corporal) del usuario y permiten mostrarlo en una interfaz de usuario en un tiempo muy reducido y con un porcentaje de error menor al 2%.

Como conclusión, la colocación correcta de los sensores en el equipo tiene un papel importante a la hora de medir los valores del estado nutricional en las personas, existen factores que pueden influir en la precisión, tales como: la estabilidad de la persona, la estabilidad del equipo, forma de la cabeza de la persona y la colocación de los sensores.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

Este primer capítulo aborda aspectos generales que fueron necesarios para la selección del tema y el desarrollo del mismo. Tales como la definición del problema, la justificación, las delimitaciones, los objetivos, la hipótesis y la metodología a seguir.

1.1 Planteamiento del problema

Según Oliva Chávez & Fragoso Díaz (2013), el exceso de consumo de comida rápida o chatarra no sólo puede ayudar al desarrollo de la obesidad, sino que también es un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades asociadas. Sin embargo, algunos jóvenes no conocen u omiten el grave problema que esto ocasiona a corto o largo plazo en sus organismos. Además, por la falta de tiempo, no suelen visitar a un nutricionista o médico para consultar su estado nutricional y llevar el respectivo control para mantener una salud óptima.

Para poder obtener los valores básicos nutricionales se suelen utilizar aparatos mecánicos que ayudan en la obtención del peso, altura, y demás valores que necesita el especialista para realizar una valoración nutricional.

En los espacios públicos y universidades generalmente no existen máquinas que ayuden a las personas a consultar su estado nutricional de forma gratuita y rápida, y por lo general estas máquinas se encuentran dentro de centros de nutricionistas, farmacias, y centros médicos, y tienen un costo por su uso.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se pretende realizar un sistema o equipo que logre realizar el cálculo de los valores básicos nutricionales, de forma rápida y exacta, que no necesita estar conectado a la red pública, y que generé consciencia sobre la obesidad en las personas que utilicen el equipo, el cual estaría ubicada en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, de la Universidad Católica de Guayaquil.

1.2 Justificación

La obesidad es un problema de salud pública, la cual afecta a las personas, por ende, el interés de implementar un equipo capaz de lograr medir de forma precisa y rápida, los valores antropométricos como peso y talla de una persona, y obtener valores como el índice de masa corporal y grasa corporal, utilizando medios electrónicos económicos y de buena fiabilidad. Además, dicho aparato será totalmente amigable con el ambiente, ya que utilizará la energía solar para poder funcionar.

El proyecto beneficiará a la persona tanto en lo económico, como en lo personal, ya que su uso es libre, y obtendrán un valor de estado nutricional básico, mediante el cual puedan reflexionar sobre su estado actual y tomar las respectivas medidas necesarias para tener un estado de salud óptimo.

1.3 Delimitación

El uso de la electrónica para mejorar procesos médicos, como en la utilización de tecnología en el ámbito nutricional, será el área que se enfocará el proyecto de titulación.

La obtención de valores nutricional básicos de una persona de forma rápida y precisa, con ayuda de hardware libre, elementos electrónicos de bajo costo y además de la utilización de la energía solar para su funcionamiento. Este trabajo se implementará en la Facultad de Educación de Técnica para el Desarrollo, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Se espera que el proyecto ayude a generar conciencia en las personas sobre su estado nutricional y que pueda servir como base para proyectos futuros que implique la implementación a nivel estatal o nacional para la ciudadanía.

1.4 Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos para el desarrollo total del trabajo.

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema basado en microcontroladores que permita medir indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo, mediante la utilización de sensores, y uso de energía fotovoltaica para su alimentación.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar el soporte físico mecánico, que permita alojar los elementos requeridos para un sistema de cálculo de IMC y grasa corporal.
- Diseñar el sistema de control y programación utilizando un microcontrolador para la correcta medición del peso, altura, índice de masa corporal, y grasa corporal en un ser humano.
- Realizar las pruebas requeridas para determinar el funcionamiento óptimo del sistema de cálculo de IMC y grasa corporal.

1.5 Hipótesis

A través del diseño, desarrollo e implementación de este sistema o equipo se pretende lograr calcular los valores básicos nutricionales del ser humano, esto será posible mediante la utilización de elementos electrónicos de bajo costo y buena fiabilidad, y con la programación adecuada para el correcto funcionamiento del equipo. Además, con el uso de tecnología fotovoltaica se podrá lograr la alimentación sin la necesidad de energía de la red eléctrica. Por otra parte, se espera que el equipo logre crear conciencia en las personas sobre su estado nutricional.

Por lo tanto, la hipótesis que se planteó es la siguiente:

“El diseño de una máquina de calcular el índice de masa corporal y grasa corporal, basada en microcontroladores y sensores de bajo costo, permitirá

obtener valores de peso, altura, índice de masa corporal y grasa corporal con menos del 2% de error.”

1.6 Metodología de la investigación

La preocupación sobre la obesidad cada vez tiene mayor importancia entre organizaciones de salud y organizaciones estatales. La creciente demanda de tecnología y la automatización de procesos generan conductas sedentarias en la ciudadanía, y por la constante falta de tiempo se produce una despreocupación sobre el estado nutricional personal de cada persona. Por esta razón se realizará una investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, puesto que se desea encontrar una posible solución que logre ser de utilidad para la problemática planteada, además de establecer una descripción del estado de la situación de cada persona, a través de mediciones numéricas. Por consiguiente, para lograr lo anterior se emplea métodos biográficos y experimentales. El primer método se lleva a cabo mediante la investigación y análisis de trabajos referente al tema, y el segundo método se ejecuta a través de la elaboración de un equipo que permita cuantificar y determinar la situación nutricional actual de cada persona.

Considerando lo anterior, se ha propuesto los siguientes pasos a seguir para el desarrollo del proyecto:

- Investigación y análisis de los trabajos y bibliografías referentes al tema.
- Diagnosticar el problema planteado y buscar posibles soluciones.
- Establecer las funciones, características y variables dentro del proceso para determinar el estado nutricional de una persona.
- Describir el proceso mediante la utilización de un diagrama de flujo.
- Seleccionar y probar los materiales electrónicos y mecánicos, como son sensores, microcontroladores, y piezas mecánicas.
- Diseño del sistema de medición que permitirá el cálculo de los valores antropométricos humano.
- Desarrollo de la programación del microcontrolador a utilizar.
- Pruebas experimentales con los materiales seleccionados.

- Diseño y construcción de la estructura mecánica donde se colocará el sistema de medición.
- Pruebas de funcionamiento del sistema implementado.
- Implementación del proyecto.
- Calculo de los realizados durante la elaboración de la tesis.
- Análisis, recomendación, conclusión y discusión de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

La obesidad está incrementando en la mayor parte de los países, tanto emergentes como desarrollados, realidad que afecta a todos los grupos etarios, sin distinción de sexo, raza o zonas geográficas, estimándose según cifras de la OMS que existen 2.100 millones de personas adultas con sobrepeso y obesidad en el mundo, de las cuales un 30% son obesas (FLASO, 2017). La necesidad de conocer los parámetros humanos de forma eficiente, rápida y segura, hacen que el desarrollo de instrumentos tecnológicos sea innovador, con la finalidad de obtener datos precisos, un mejor registro y control de los pacientes con problemas de salud. Por ello, la revisión de la literatura e investigación de técnica y de campo existente en esta área es fundamental para conocer los avances que se van dando en los últimos 5 años. A continuación, se presenta un breve resumen de investigaciones que tiene afinidad al tema abordado, y que son de suma importancia para el desarrollo de este trabajo.

Medidas como la talla y peso son las más utilizadas a la hora de calcular el IMC de una persona y conocer su valoración nutricional, así Robayo, Neira, & Vásquez (2015) en su artículo “Aplicación móvil Android para monitoreo y registro del estado nutricional humano implementada en plataforma de hardware libre” desarrollaron un sistema que consistía en la medición en tiempo real de las variables peso y talla, por medio de una báscula digital y un sensor ultrasónico HC-SR04, respectivamente. Los datos censados fueron leídos por una tarjeta Arduino nano, y posteriormente enviados mediante tecnología bluetooth a un dispositivo móvil para procesar los datos mediante una aplicación. Los datos obtenidos por medio del censado de los sensores más los datos extras introducidos por el usuario les permitieron realizar el cálculo del IMC, además, la información se iba almacenando en una base de datos para posteriormente mostrar una secuencia de su estado nutricional en una página web. Al finalizar su trabajo, concluyeron que desarrollar este tipo

de tecnología resulta ser de bajo costo y muy viable para su implementación en el sector de la salud.

En el estudio y diseño titulado “Sistema de diagnóstico aplicado a la detección de la apnea obstructiva del sueño mediante poligrafía” por Casanova Blancas (2014) muestra la factibilidad de un proyecto para clasificar de manera eficiente los estados de la apnea obstructiva del sueño, para ello, el autor investiga las diferentes opciones para calcular el nivel o estado de apnea que una persona puede padecer. Para aquello utiliza una tarjeta Arduino Uno para obtener los datos de un pulsioxímetro y almacenarlos en una tarjeta MicroSD, además también utiliza un Wireless SD Shield para el envío de los datos de forma inalámbrica hacia un computador donde se encuentra el programa con los algoritmos matemáticos necesarios para el diagnóstico. Finalmente, el autor logra que cada “paciente” tenga su base de datos, donde se podía observar la evolución de la enfermedad y además la clasificación en la que se encontraba,

Bellón Morales (2016) en su trabajo de tesis titulado “Implementación y estudio de la viabilidad de un glucómetro no invasivo” hace énfasis en el desarrollo tecnológico en el área médica para la creación de tecnología fiable y de bajo costo. Propone la elaboración de un dispositivo capaz de medir el nivel de glucosa en la sangre de forma segura y precisa, basado en infrarrojos de 940nm. Para ello, construye una armadura para colocar el dedo del paciente, dentro de la cual se ubicarán LEDs. Una tarjeta Arduino se encargará de generar dos pulsos rectangulares opuestos para encender los LEDs de forma intermitente a una frecuencia de 1kHz. Los datos censados por el sensor construido serán enviados mediante la comunicación Arduino-LabView para su procesamiento y análisis de la glucosa en la sangre. El autor concluye que tuvo problemas al realizar las mediciones con el sensor construido, ya que se presentaron variables extras en el dedo del paciente, lo cual influyó en la medición correcta del sensor, por ende, tuvo que realizar la medición con pruebas in-vitro. Justifica que el componente infrarrojo es fundamental para obtener una buena ganancia de glucosa y que, por su alto costo, tuvo que realizar la investigación y construcción del sensor con un infrarrojo más económico de 940nm al que tiene una ganancia mucho menor.

Aun así, el proyecto resulta ser exitoso en su objetivo principal, que es la medición de glucosa en la sangre.

En la tesis realizada por Fernández González, Gallegos Estrada, & Montiel (2015) titulada “Sistema integral de introducción a la activación física, basado en la obtención del índice de masa corporal (IMC)” proponen un proyecto con 3 subsistemas, en donde el primer subsistema se encargará de la obtención de los datos requeridos, como son el peso, la altura, y el IMC, mediante la utilización de un sensor Kinect y una báscula digital, y se enviara esta información al siguiente subsistema. En el segundo subsistema, la información previamente obtenida es procesada y almacenada en una base de datos web, y además realiza la función de evaluar, proporcionar información nutricional y recomendaciones de actividades físicas. El tercer subsistema se encargará de la rutina que el usuario deberá seguir, mediante la ayuda del sensor Kinect para la correcta realización de cada rutina de ejercicio. En conclusión, el proyecto logro realizar sus objetivos planteados y muestra otra solución para el apoyo a las personas que sufren de obesidad y demás enfermedades consecuentes. Da la oportunidad de tener más expectativas de proyectos viables y de fácil obtención y manejo.

“Desarrollo de instrumentos digitales para registro de peso y talla” proyecto realizado por Del Toro Álvarez (2016) hace énfasis en la problemática sobre la obesidad que existe en su ciudad (Colima), por ende, el proyecto fue desarrollado en el centro de información para el desarrollo del estado de Colima (CIDECOL). El proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación de un aparato eficaz que realice la medida de peso y altura correctamente, utilizando celdas de carga y un sensor ultrasónico, además del diseño de la infraestructura donde se colocaran los sensores. Como conclusión el autor logro realizar la mayor parte de sus objetivos, pero se encontró con algunos problemas, en donde destaca la correcta medición del sensor de peso y la creación de un sistema para el almacenamiento de los datos censados. Recomienda que el tiempo es primordial y además que se debe realizar la correcta ubicación del sensor de peso para evitar inconvenientes a la hora del censo.

En la tesis titulada “Monitorización de signos vitales mediante una red de dispositivos móviles” realizada por Cilio Atiaga & Herrera Silva (2013) se plantea un proyecto que tiene como función censar 3 parámetros humanos tales como la temperatura del cuerpo, el oxígeno en la sangre, y la frecuencia cardiaca, mediante el uso de un sensor de temperatura SHT15, un sensor reusable de la marca Nellcor con tecnología Oximax, y electrodos re-usables, respectivamente. Luego, con los valores obtenidos por los sensores, se establece una comunicación Xbee que permite el envío de la información mediante bluetooth a un dispositivo móvil, en donde se podrá visualizar los valores obtenidos por los sensores. Finalmente, los valores censados fueron analizados para comprobar el rango de error, logrando así que las mediciones tengan un porcentaje de error aceptable. Los autores lograron crear una placa electrónica capaz de realizar dichas mediciones de forma eficaz, de fácil manejo y transporte.

Cachipundo Cacuango (2017) en su trabajo de tesis titulado “Telediagnóstico nutricional para los pacientes del colegio de nutricionistas de la provincia de Imbabura” involucra la comunicación paciente – especialista con la creación de un entorno web de 3 capas. Este entorno web recibirá la información de los signos vitales mediante la utilización de arduino y sensores para calcular la temperatura y el ritmo cardiaco. La página web cuenta con las funciones de registro del paciente, seguimiento y atención personalizada del centro de nutricionistas de Imbabura. El autor concluyo que el uso de tecnología en la rama médica es sumamente importante a la hora de ahorrar tiempo en procesos médicos rutinarios. Logro el correcto funcionamiento de la comunicación especialista – paciente.

Zambrano Mora (2018) en su proyecto “Diseño e implementación de un prototipo electrónico para pesar niños menores de 2 años basado en Arduino” presenta un prototipo electrónico para facilitar la medida del peso. Utiliza una tarjeta Arduino Uno, unas celdas de carga para el censado del peso y una pantalla LCD para la visualización del peso obtenido. Los datos obtenidos fueron comparados con datos del profesional médico, y obtuvo un resultado éxito demostrando así la factibilidad y rentabilidad del proyecto realizado. El uso de los microcontroladores permite el control y el monitoreo en proyectos

electrónicos digitales. El mecanismo empleado facilita las mejoras del proyecto a futuro y el transporte, además cuenta con los estándares de seguridad para niños de 2 años.

Rodríguez Calvo (2018) en su trabajo de tesis titulado “Diseño y construcción de un laboratorio portátil básico de física médica para primeros auxilios” presenta un proyecto basado en microcontroladores que permite captar de forma no invasiva datos de señales del cuerpo humano tales como la frecuencia respiratoria, ritmo cardíaco y la saturación del oxígeno, mediante el uso de sensores y transductores. Con la obtención de los datos censados se hace la validación y la transcripción a función del lenguaje médico. La interfaz de visualización es a través de Processing que permite la visualización de las variables en tiempo real. Además, facilita el envío de información hacia un sistema Android para un contacto directo con el especialista. El autor concluye que el uso de la plataforma Arduino para proyectos de primeros auxilios es importante por la basta cantidad de material de información, así como de sensores para medir parámetros humanos.

“Diseño, desarrollo e implementación de un sistema integrado de telediagnóstico orientado a servicios de atención ambulatoria, para monitorear y controlar signos vitales en tiempo real y alojarlos en un servidor web” tesis realizada por Orrala, Paladines & Bajaña (2015), plantean la problemática de la falta de tecnología en sub-centros de salud en las zonas rurales de Guayaquil-Ecuador, esto ocasiona un retraso en el envío de datos del paciente hacia los hospitales de la ciudad y perjudicando a los pacientes de aquellas zonas. El sistema cuenta con un Arduino Uno, Arduino Ethernet Shield y sensores para captar la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca, los datos obtenidos serán enviados mediante internet a una plataforma web donde se podrá gestionar la información captada por los sensores y generar consultas con el médico especialista.

2.2 Sobrepeso y obesidad

Según la Organización Mundial de la Salud (2018) lo define como una acumulación excesiva o anormal de grasa en el cuerpo que posiblemente llegue a ser perjudicial para la salud.

2.2.1 Causas del sobrepeso y obesidad

Según la Organización Mundial de la Salud (2018) la causa fundamental es la falta de equilibrio que las personas tienen con las calorías consumidas y gastadas. A nivel mundial ha pasado lo siguiente:

- Un incremento en la ingesta de comidas de alto contenido calórico y rico en grasas.
- Un descenso de la actividad física.
- Frecuentemente los cambios en el hábito alimentario y la actividad física son consecuencia de alteraciones ambientales y sociales de un individuo.

2.2.2 Consecuencias de la obesidad

Según la Organización Mundial de la Salud (2018) algunas consecuencias que genera un IMC elevado son las siguientes:

- Las enfermedades cardiovasculares.
- La diabetes.
- Los trastornos del aparato locomotor, en especial la osteoartritis (enfermedad degenerativa de las articulaciones).
- Algunos cánceres como endometrio, mama, ovarios, próstata, hígado, vesícula biliar, riñones y colon.

2.2.3 IMC

Según Moreno G (2012) las siglas significan índice de masa corporal, es un indicador sencillo que da la relación entre el peso y la altura de un individuo, que frecuentemente se utiliza para determinar la obesidad y sobrepeso en niños, jóvenes y adultos. Se calcula dividiendo el peso en kilos de una persona por el cuadrado de su altura en metro (kg/m^2).

2.2.4 Clasificación de la obesidad

La clasificación internacional es propuesta por la OMS según el IMC (Tabla1).

Tabla 1. Clasificación de la Obesidad según el IMC.

Clasificación	IMC((kg/m²)	Riesgo Asociado a la Salud
Peso normal	18.5 – 24.9	Promedio
Exceso de peso	≥25	
Sobrepeso o Pre Obeso	25 – 29.9	AUMENTADO
Obesidad Grado I o moderada	30 – 34.9	AUMENTO MODERADO
Obesidad Grado II o severa	35 – 39.9	AUMENTO SEVERO
Obesidad Grado III o mórbida	≥40	AUMENTO MUY SEVERO

Fuente: (Moreno G, 2012)

2.2.5 Cálculo del porcentaje de grasa corporal

Según la definición de obesidad, las personas obesas son aquellas que tienen un exceso de grasa corporal. Se considera que un hombre adulto de peso normal presenta un contenido de grasa en un rango del 15 al 20% del peso corporal total, y las mujeres entre el 25 y 30% del peso corporal total. Deurenberg y colaboradores establecieron una ecuación para estimar el porcentaje total de grasa en adultos, basado en el IMC, la edad y el sexo (Moreno G, 2012).

$$\%grasa\ corporal = 1.2(IMC) + 0.23(edad) - 10.8(sexo) - 5.4$$

Donde, sexo = 1 para hombres, y sexo = 0 para mujeres.

2.2.6 Parámetros antropométricos humanos

La antropometría se encarga de medir las dimensiones físicas del ser humano. Estas medidas pueden variar por distintos factores como: el estado

nutricional del individuo, el sexo, las condiciones patológicas y el desarrollo normal del individuo.

Las mediciones que se realizan a los individuos son las siguientes: pliegues cutáneos, puntos anatómicos, perímetros corporales, diámetros, longitudes y alturas de segmentos corporales, así como el peso, talla.

Estos parámetros son necesarios para determinar diferentes índices como: índice de masa corporal (IMC), el índice de la cadera cintura, etc.

Los parámetros que frecuentemente suelen medirse en todo dispensario médico para cualquier tipo de consulta general son los siguientes:

- **La talla:** es un parámetro importante para determinar el crecimiento en longitud de un individuo, pero tiene menos sensibilidad que el peso a un desequilibrado estado nutricional; por eso, la afectación por estado nutricional afecta en carencias futuras, principalmente si se inicia en los primeros años de la vida. En los niños se utiliza para determinar su crecimiento y desarrollo, utilizando comparaciones como: talla/edad, peso/talla. En adultos, el uso de la talla sirve para determinar índices importantes de valoración como: IMC, índice de creatinina, requerimientos calóricos, la superficie corporal (calcular dosis de fármacos), etc.
- **El peso:** es un parámetro fundamental para valorar el estado nutricional de un individuo, además de ser un indicador global de la masa corporal, de fácil obtención y reproducible.

Son de especial utilidad: peso actual, peso ideal, porcentaje del peso ideal (PPI), peso habitual, y el porcentaje de peso habitual (PPH).

2.3 Sensores para salud medica

Es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que sean capaces de cuantificar y manipular mediante componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc. todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos como captadores. (Cachipiendo Cacuango, 2017)

2.3.1 Características de los sensores

Según Cachipundo Cacuango (2017) los sensores dependen de la variable a medir, pero otras son comunes a todos los sensores. Algunos de los aspectos a tener en cuenta en el momento de seleccionar un sensor son los siguientes:

- Exactitud: especifica la diferencia entre el valor medido y el valor real de la variable que se está midiendo.
- Conformidad o repetitividad: el grado con que mediciones sucesivas difieren unas de las otras.
- Resolución: es el cambio más pequeño que se puede medir.
- Precisión se compone de las características de conformidad y resolución.
- Sensibilidad: viene dado por el mínimo valor de la variable medida que produce un cambio en la salida.
- Error: es la desviación entre valor verdadero y valor medido.
- Linealidad: nos indica que tan cerca está la correlación entre la entrada y la salida a una línea recta.
- Rango: es la diferencia entre el mayor valor y el menor valor que se puede medir.
- Rapidez de respuesta: capacidad del instrumento de seguir las variaciones de la entrada.

2.3.2 Básculas digitales, sensor de peso

Son instrumentos que sirven para pesar y calcular cantidades de masa. Existen diferentes tipos de básculas, entre las que destacan las de precisión y escala. (Fernández González, Gallegos Estrada, & Montiel, 2015)

Dentro del mercado se encuentra dos tipos de básculas, las mecánicas y las electrónicas. Las mecánicas utilizan una relación de palancas para determinar el peso, mientras que las electrónicas utilizan un sensor de peso (conocido como celda de carga o galas extensiométricas) que varía su resistencia si aumento o disminuye el peso.

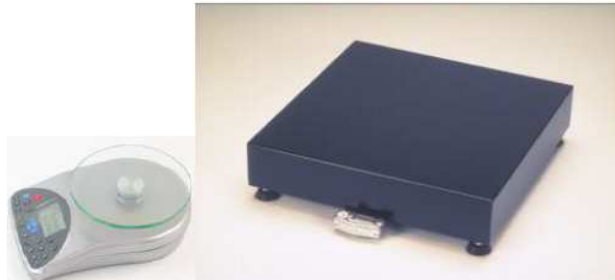


Figura 1. Balanza electrónica.

Fuente: (Hernandez Rojas, Lupercio Ramirez, Ramon Rodriguez, & Armijos Cabrera, 2008).

Las celdas de carga consisten en una pieza de metal que posee elementos resistivos que cambian sus dimensiones por medio de la compresión o elongación de sufre el metal. El metal con el cual está formada la celda de carga tiene la propiedad de trabajar en su zona elástica, es decir, que no sufre deformaciones permanentes por causa de presión o elongación al someterse a una fuerza, ya que regresa a su forma original.



Figura 2. Celda de carga.

Fuente: (Hernandez Rojas, Lupercio Ramirez, Ramon Rodriguez, & Armijos Cabrera, 2008).

Las galgas extensiométricas están conectadas entre sí en un arreglo resistivo, que al aplicar un voltaje, este puente resistivo entrega una señal proporcional a la fuerza aplicada sobre la celda de carga, la señal es en milivoltio. (Fernández González, Gallegos Estrada, & Montiel, 2015)

Las básculas digitales están conformadas por los siguientes componentes electrónicos:

- Receptor de Carga o plataforma.
- Celdas de carga o sensores.
- Tarjeta de unión de celdas (si utiliza más de 2 celdas de carga)
- Indicador Digital de peso.

- Dispositivos periféricos (impresor, pantalla repetidora de peso, etc.)
- Celdas de Carga.

2.3.3 Sensor de altura, HC-SR04

El sensor ultrasónico HC-SR04, es un elemento electrónico de bajo costo y buena fiabilidad, con una resolución de 3mm o 0.3cm, su función es básicamente sentir o medir y transmitir la distancia del objeto. (Jarrín & Carvajal, 2015)

Tiene dos transductores, básicamente, un altavoz y un micrófono. Ofrece una excelente detección sin contacto (remoto) con elevada precisión y lecturas estables en un formato fácil de usar. (Jarrín & Carvajal, 2015)



Figura 3. Sensor Ultrasónico HC-SR4.
Fuente: (Solace Labs, 2015).

El funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o el material negro como telémetros ópticos (aunque acústicamente materiales suaves como telas pueden ser difíciles de detectar). La velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 20 ° C) es de 343m/s. (por cada grado centígrado que sube la temperatura, la velocidad del sonido aumenta en 0,6 m/s). (Jarrín & Carvajal, 2015)

Las características técnicas del sensor ultrasónico HC-SR04 son las siguientes:

- Los módulos tienen transmisores ultrasónicos, el receptor y el circuito de control.

- Tiene 4 patillas, VCC (alimentación de +5V), TRIG (trigger entrada (input) del sensor (TTL)), ECHO (Echo salida (output) del sensor (TTL)), GND.
- Su corriente de reposo es de <math><2\text{mA}</math>.
- La corriente de trabajo es de 15mA.
- Posee un ángulo de medición de 30° , ángulo de medición efectivo $<15^\circ$.
- Tiene una detección de 2cm a 400cm.
- Su resolución puede variar entre los 3mm o 0.3cm.
- Dimensiones de 45mm x 20mm x 15mm.
- Posee una frecuencia de trabajo de 40Hz.

2.4 Microcontrolador

Es un microcomputador realizado en un circuito integrado (chip). Los microcontroladores se han desarrollado para cubrir las más diversas aplicaciones, se usan en automatización, equipos de comunicaciones, telefonía, en instrumentos electrónicos, equipos médicos e industriales de todo tipo, etc. Están concebidos fundamentalmente para ser utilizados en aplicaciones puntuales, es decir, aplicaciones donde el microcontrolador debe realizar un pequeño número de tareas, al menor costo posible. (Chacón Becerra & Tigse Lara, 2017)

2.4.1 Características de los microcontroladores

Los microcontroladores están pensados para abaratar el costo de un sistema en particular, así como reducir el consumo del mismo. Por esta razón la capacidad del CPU, la cantidad de memoria y los periféricos que se puedan incluir dependen de la aplicación a realizar. A continuación, se detallan algunas características:

- El procesador es el elemento más importante del microcontrolador, pues se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso y la ejecución de la operación, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado. (Chacón Becerra & Tigse Lara, 2017)

- La memoria de instrucciones y datos está dentro de los microcontroladores, una parte debe ser no volátil, tipo ROM; la cual se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, donde se guardarán las variables y los datos.
- Las puertas de entrada y salida (E/S) son las que permiten comunicar al procesado con el mundo exterior, a través de interface. Estos puertos son la principal utilidad de las patillas de un microcontrolador.
- Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.
- Los temporizadores se emplean para controlar periodos de tiempo y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

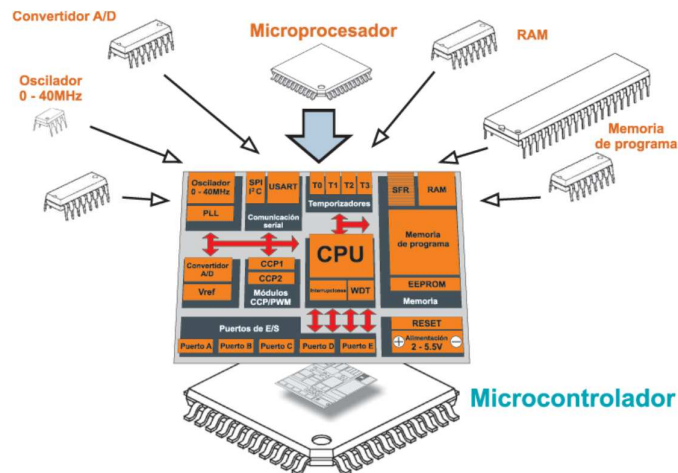


Figura 4. Partes que componen un microcontrolador.
Fuente: (Chacón Becerra & Tigse Lara, 2017).

2.4.2 Aplicaciones de los microcontroladores

Uno de los mayores beneficios que tienen los microcontroladores es que pueden integrar inteligencia casi a cualquier artefacto. Se le puede configurar para que se adapte a cualquier entorno, de esta manera se volverá más eficiente y podrá responder a las necesidades que tienen los usuarios. (Chacón Becerra & Tigse Lara, 2017)

A continuación, se expone algunos campos donde se utiliza los microcontroladores:

- Periféricos y dispositivos auxiliares de los computadores.
- Industria del automóvil: control de motor, alarmas, regulador de servofreno.
- En la industria se utilizan en control de máquinas, apertura y cierre automático de puertas, aparatos de maniobra de ascensores.
- Sistema de seguridad y alarma, domótica en general.

2.4.3 Arduino Mega 2560

El Arduino Mega 2560 es una placa microcontrolador basada en el microprocesador Atmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden utilizarse para salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie por hardware), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, entrada de corriente, conector ICSP y botón de reset. Contiene todo lo necesario para hacer funcionar el microcontrolador, simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB, o alimentarlo con un adaptador de corriente AC a DC para empezar. Mega es compatible con la mayoría de los shield diseñados para Arduino Duemilanove o Diecimila.

Mega 2560 es una actualización de la placa Arduino Mega, al que sustituye. Mega2560 difiere de todas las placas anteriores ya que no utiliza el chip controlador de USB a serial FTDI. En su lugar, ofrece el ATmega16U2 programado como convertidor USB a serie. Esto implica que se trabaje con /dev/ACM. (González Vidal, 2013)



Figura 5. Arduino Mega 2560 R3.
Fuente: (González Vidal, 2013).

2.4.4 Mapeo de patillas del Arduino Mega 2560

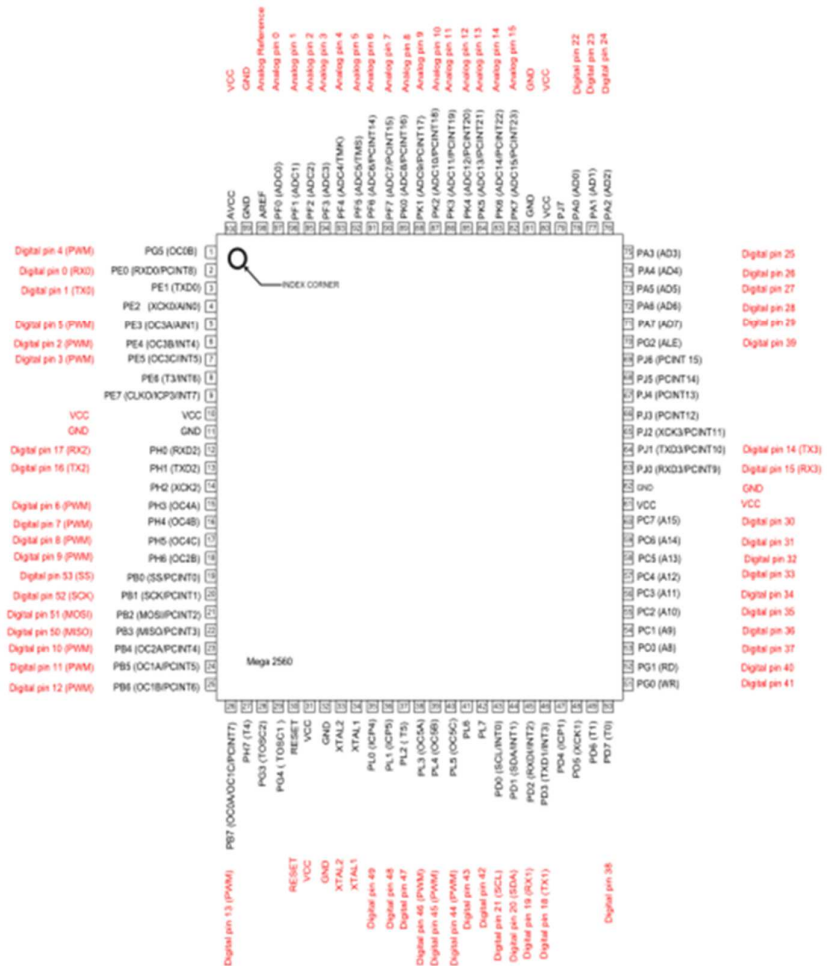


Figura 6. Mapeo de patillas del Arduino Mega 2560.
Fuente: (González Vidal, 2013).

2.4.5 Características generales del Arduino Mega 2560

- Microcontrolador ATmega2560.
- Voltaje de funcionamiento 5V.
- Voltaje de entrada (recomendado) 7-12V.
- Voltaje de entrada (limite) 6-20V.
- Patillas E/S digitales 54 (15 proporcionan salida PWM).
- Patillas de entrada analógica 16.
- Intensidad por pin 40 mA.
- Intensidad en pin 3.3V 50 mA.
- Memoria Flash 256 KB de las cuales 8 KB las usa el gestor de arranque (bootloader).
- SRAM 8 KB.
- EEPROM 4 KB.
- Velocidad de reloj 16 MHz.

2.5 Sistema fotovoltaico

La energía fotovoltaica es aquella obtenida por medio de la transformación de energía solar a energía eléctrica. Esta transformación se realiza por medio de la incidencia de parte del espectro electromagnético (luz visible) a través de células fotovoltaicas. La energía fotovoltaica se usa para hacer funcionar distintos artefactos eléctricos de bajo consumo energético, generalmente en lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional, para ello es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico. (Caceres Nina, 2017)

2.5.1 Sistema fotovoltaico de redes aisladas (OFF GRID)

Este sistema tiene como objetivo satisfacer de forma total o parcial la demanda de energía eléctrica en aquellos lugares donde no existe acceso a energía eléctrica o es de difícil acceso. Este tipo de sistema se caracteriza por la presencia de acumuladores de energía, ya que el sistema solo proporcionar energía durante el día y la demanda se produce a largo del día y de la noche. (Caceres Nina, 2017)

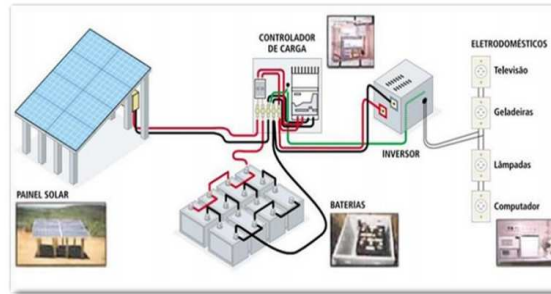


Figura 7. Sistema típico de redes aisladas.
Fuente: (Caceres Nina, 2017).

2.5.2 Módulos Fotovoltaicos

Los módulos o paneles fotovoltaicos son el conjunto de celdas o células fotovoltaicas. Están conectadas en serie - paralelo para lograr el voltaje y la intensidad deseada. Si cada célula produce 0,5 voltios, entonces para un panel típico de 36 células se tendría 18 voltios en condiciones estándar y un voltaje nominal de 12 voltios. Normalmente existen paneles de 6, 12 y 24 voltios y las potencias producidas oscilan entre 2,5 watts y 320 watts. (Caceres Nina, 2017)



Figura 8. Panel fotovoltaico.
Fuente: (Caceres Nina, 2017).

Según Caceres Nina (2017) el rendimiento del módulo fotovoltaico depende de factores como: Las longitudes de onda superiores a los que puede absorber el silicio, la energía solar absorbida no produce pares electrón-hueco produciendo calentamiento del módulo, pérdida de energía por la unión n-p, etc. Hasta el momento las pérdidas mencionadas son asociadas al material

con el que se fabrica la célula; cabe mencionar que existen pérdidas externas, quedando en total solo el 15% de rendimiento útil, para el caso de paneles fotovoltaicos de silicio.

El panel fotovoltaico se caracteriza por suministrar una tensión, intensidad de corriente eléctrica y potencia que es el producto de la tensión por la intensidad.

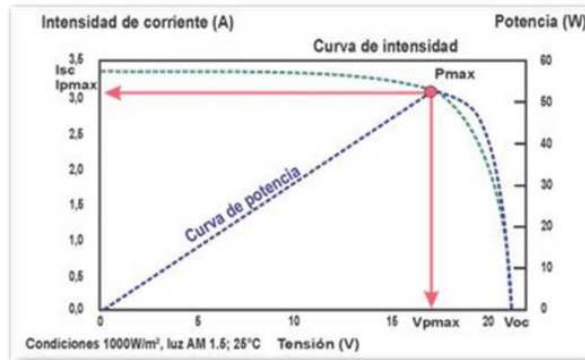


Figura 9. Curva de Característica (I - V).
Fuente: (Caceres Nina, 2017).

En la figura 9 se muestra la curva característica que está dada para las condiciones de testeo estándar (STC) de 1 KW/m² de radiación (considerado como un sol pico), 25 °C de temperatura de celda y 1,5 de masa de aire. (Caceres Nina, 2017)

La curva característica tiene los siguientes puntos importantes:

- Tensión o voltaje a circuito abierto (V_{oc}): Es el voltaje máximo y ocurre cuando no está conectado a ninguna carga.
- Intensidad de corriente de corto circuito (I_{sc}): Es la máxima intensidad de corriente eléctrica y ocurre cuando se realiza un corto circuito entre sus terminales.
- Potencia máxima (P_{max}): Es el punto de operación donde se produce la máxima salida de potencia en los puntos I_{pcmax} y V_{pmax} .
- Estas características de los paneles fotovoltaicos son especificadas por los fabricantes en las hojas técnicas.

2.5.3 Controlador de carga

El controlador de carga también llamado regulador tiene como principal función controlar el flujo de energía entre los módulos fotovoltaicos y las baterías, evitando que las baterías sean sobrecargadas. El regulador permite por un lado alargar la vida útil de las baterías y por el otro, obtener información y parámetros sobre el funcionamiento de la instalación. (Caceres Nina, 2017)

El algoritmo de carga es el método por el cual el regulador de carga controla el voltaje y la intensidad de la corriente como se aprecia a continuación:

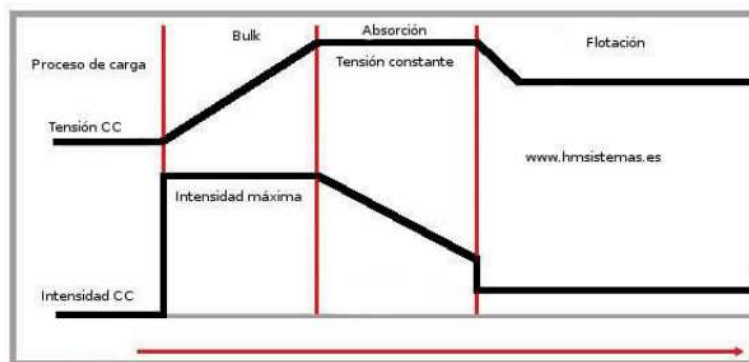


Figura 10. Etapas de carga de la batería a través del controlador.

Fuente: (Caceres Nina, 2017).

En la figura 10 se aprecia y distingue 3 etapas de carga que adopta la batería con un controlador solar, las cuales se detallan a continuación:

- Bulk (carga bruta): En esta etapa, el regulador no participa, llegando a las baterías intensidad máxima en cada momento, al llegar al 80% - 90% la carga de la batería pasa a la siguiente etapa.
- Absorción: En esta etapa, la tensión permanece constante al mismo nivel que la fase anterior y la intensidad disminuye progresivamente.
- Flotación: En esta etapa, la tensión baja como la intensidad para compensar la autodescarga.

Existen dos tipos de controlador de carga, el PWM (Modulación por anchura de pulsos) o convencional y el MPPT o maximizador.

El primero (PWM) dispone de un diodo en su interior, por lo tanto, los módulos fotovoltaicos funcionan a la misma tensión que las baterías solares, es decir,

la tensión a un lado o al otro de regulador es igual, esto hace de que los módulos no trabajen en su punto de máxima potencia sino el que impone la batería según su estado de carga, produciendo una pérdida de potencia.

El segundo (MPPT) dispone de un diodo de protección, de un convertidor de tensión DC-DC y un seguidor del punto de máxima potencia. El convertidor de tensión le permite trabajar a tensiones diferentes, es decir, de alta tensión en los módulos fotovoltaicos a baja tensión en las baterías, el seguidor del punto de máxima potencia adapta la tensión de funcionamiento a la que proporcione la máxima potencia aumentando la producción solar.



Figura 11. Controlador de carga solar.
Fuente: Elaboración propia.

2.5.4 Batería para paneles solares

La batería es un dispositivo capaz de transformar la energía química en energía eléctrica, está compuesto principalmente por dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas. (Caceres Nina, 2017)

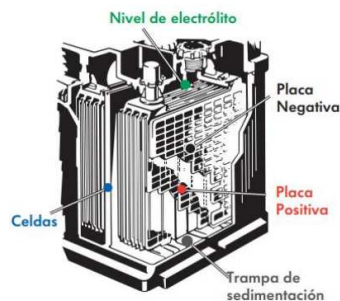


Figura 12. Partes de una batería para sistemas fotovoltaicos.
Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014).

Para el diseño de sistemas fotovoltaicos se considera las siguientes variables importantes relacionadas a la unidad de almacenamiento de energía:

- Días de autonomía: se refiere al número de días en el que el banco de baterías suministrará energía sin ser cargado por los módulos fotovoltaicos, se debe considerar las condiciones climáticas para determinar el número de días “sin sol” que abastecerá el banco de baterías. (Caceres Nina, 2017)
- Capacidad de la batería: la capacidad de la batería se mide en amperios-hora (Ah) y no es más que la multiplicación de la intensidad de corriente (I) por el tiempo en horas (h). En teoría una batería de 100 Ah suministraría 1 Amperio durante 100 horas, pero esto no es así, debido a que la capacidad depende del régimen de descarga, es decir, a un régimen de descarga grande la capacidad de la batería se reduce. Si se desea más capacidad pueden conectarse en paralelo, y si se necesita más voltaje pueden conectarse en serie. (Caceres Nina, 2017)
- Ritmo y profundidad de descarga: el ritmo a la cual se descarga la batería afecta directamente a la capacidad. Si la batería se descarga rápidamente, hay menos capacidad disponible. Por ejemplo, si la batería se descarga en 20 horas, entonces tendrá un ritmo de descarga de $C/20$ o una capacidad de 20 horas de descarga. La profundidad de descarga se refiere a cuanto de la capacidad se puede utilizar de la batería, la mayoría de sistemas fotovoltaicos están diseñados para descargas entre 40% y 80%. (Caceres Nina, 2017)

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL EQUIPO PARA MEDICIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL EN HUMANOS

En el presente capítulo se describirán las consideraciones generales del equipo a implementar, sus características y funciones. Adicionalmente se mostrará el diseño mecánico del mismo, acompañado del sistema alimentación y del respectivo sistema de control que incluye al microcontrolador y sensores, y la programación para el correcto funcionamiento. Finalmente se realizarán pruebas al equipo de medición del estado nutricional humano, con la finalidad de comprobar el correcto funcionamiento del mismo.

3.1 Consideraciones generales del equipo de medición del estado nutricional en humanos

Antes de entrar al diseño, desarrollo y análisis del equipo de medición del estado nutricional en humanos que es de interés en este trabajo, se iniciara con una descripción del mismo, se presentara sus características y el funcionamiento del equipo, con el propósito de generar un enfoque general y comprensible del mismo.

3.1.1 Descripción del equipo de medición del estado nutricional en humanos

El equipo que se expone y que pretende dar una posible solución al problema planteado, se lo pensó de tal forma que logre medir los valores de peso y talla de un ser humano, de forma precisa y rápida, asimismo los valores de índice de masa corporal y grasa corporal que posea la persona que utilice el equipo, además cuenta con un sistema de alimentación de energía fotovoltaica. A continuación, se describe de forma general el equipo desarrollado, de esta manera se espera lograr una visión más clara de lo que se pretende solucionar, analizar y desarrollar en este proyecto.

El equipo que se desarrollará tiene la posibilidad de poder ser instalado en cualquier entorno donde las condiciones climáticas sean moderadas, para que sea de utilidad en cualquier momento. Cuenta con una estructura realizada en acero negro, con una altura de 240cm, y de 30cm de ancho, en la estructura se encuentra instalado un techado el cual servirá de protección tanto solar como de lluvia, para así proteger de estos factores tanto a la persona que está realizando el diagnóstico nutricional, y al equipo. Un poco más arriba del techado se encuentra el panel solar, el cual se encargará de convertir la energía solar en energía eléctrica para el funcionamiento del equipo.

En la estructura se encontrará la interfaz de visualización para el usuario. Esta interfaz cuenta con una pantalla LCD 16x4 y un teclado 4x4. La pantalla LCD mostrará los valores de peso, altura, índice de masa corporal y grasa corporal de la persona que esté realizando la consulta. El teclado permitirá al usuario colocar su edad y sexo, valores necesarios para calcular el índice de masa corporal y grasa corporal.

El sistema de control se encargará de procesar los datos obtenidos por los sensores, valores como peso y talla. Los sensores que se encargarán de medir estos valores serán, un sensor ultrasónico para calcular la talla de la persona, dicho sensor estará ubicado estratégicamente para lograr una correcta medición, y 4 sensores de peso, que estarán ubicados en una balanza en la parte inferior de la estructura, en donde la persona se ubicará y se obtendrá el valor del peso de dicha persona.

El sistema de alimentación consta de 3 partes, el panel solar que transformará la energía solar en energía eléctrica, la batería para el almacenamiento de energía captada por el panel solar y un controlador que estabilizará la energía producida por el panel solar, para luego conducirla a la batería, y posteriormente a circuito de control, sensores, interfaz, etc.

El equipo de medición del estado nutricional en humanos funciona de la siguiente manera: Los sensores estarán obteniendo lecturas de forma constante, tanto el sensor de peso y el sensor de altura. Al inicio el programa le pedirá al usuario que ingrese su edad y sexo, luego si el sensor de peso detecta un peso mayor a 10kg (persona en la balanza) entonces mostrará los

valores de peso, altura, índice de masa corporal y grasa corporal, sino seguirá midiendo. Finalmente se pregunta nuevamente si existe un peso mayor a 10kg (la persona aún permanece en la balanza) entonces seguirá mostrando los valores en la pantalla LCD, sino reiniciará el sistema para una nueva medición. En la figura 13 se muestra el diagrama de flujo que muestra el proceso.

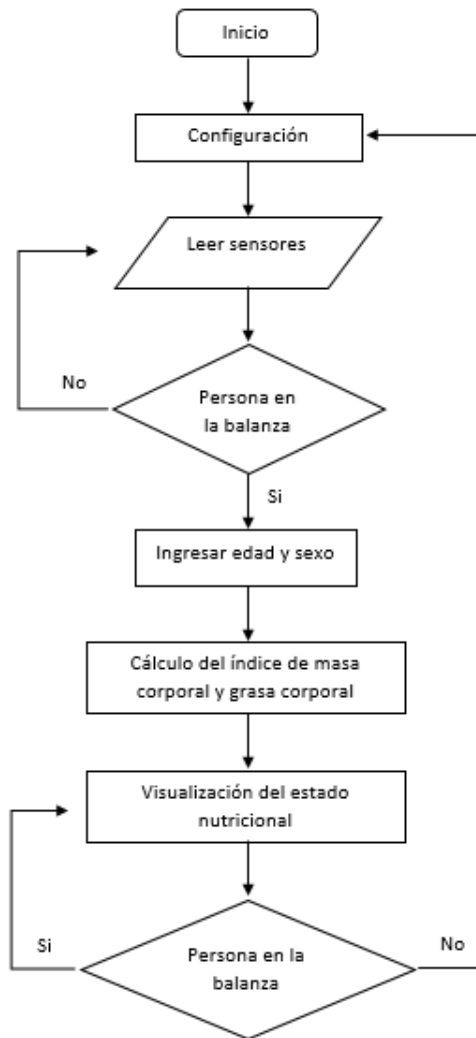


Figura 13. Diagrama de flujo del funcionamiento del equipo.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Características del equipo de medición del estado nutricional en humanos

En esta sección se hablará de las características técnicas del equipo de medición del estado nutricional en humanos, ya que es de suma importancia

conocer las características de cada elemento y/o sistema que se utilizará en el desarrollo del mismo.

- El sistema de control, será diseñado utilizando un Arduino Mega 2560, el posee un microcontrolador Atmega2560 de 8 bits, el cual trabaja a una frecuencia de 16MHz, posee una memoria flash de 256kb, SRAM de 8kb, EEPROM 4kb, además de 56 patillas de entrada/salida digitales (14 de ellos pueden ser utilizados para PWM) y 16 patillas de entrada analógica, su voltaje de funcionamiento puede ser entre los 5v a 12v.
- Para obtener los valores del peso de la persona se utilizará un sensor de peso el cual transforma la deformación mecánica interna y genera una tensión eléctrica, posee una sensibilidad de salida $1.0 \pm 0.1 \text{ mv / v}$, una no linealidad 0.03% FS, repetitividad de 0.03% FS.
- El HX711 es un conversor análogo digital (ADC) de 24 bits, su alimentación puede ser 2.6v a 5.5v, posee un regulador de fuente tanto para la celda de carga como para el ADC, tiene un consumo de corriente $<1.5\text{mA}$, temperatura de funcionamiento de -40 a $+85^{\circ}\text{C}$. El sensor de peso se conectará al ADC HX711, para luego comunicarse con el Arduino de forma serial.
- El sensor Ultrasónico HC-SR04 será el encargado de obtener los valores de altura de la persona, posee un rango de detección de 2cm a 400cm, una frecuencia de trabajo de 40Hz, con un ángulo de detección de 15° y su voltaje de alimentación +5v, con una corriente de trabajo 15mA.
- Para la generación de energía se usará un panel solar, con tecnología monocristalino, con una potencia de 10W, y con un voltaje de entrega de 12VDC (dependiendo la captación de radiación solar, puede aumentar ligeramente el voltaje) y con un amperaje de 0.58AH.
- El sistema de alimentación cuenta con un regulador o controlador de panel solar CMP12/24, con una corriente máxima de 10A, un sistema de corte de voltaje completo de 13.7v, un sistema de corte de bajo voltaje en 10.5v, una pérdida de carga $\leq 20\text{mA}$, una pérdida de voltaje $<210\text{mv}$ y trabaja a una temperatura 10°C a 60°C .

- Para el almacenamiento de energía y suministro a las cargas se utilizará una batería seca de 12VDC, con una capacidad de 5A.
- Para la visualización de los valores del estado nutricional humano, se utilizará una pantalla LCD de 20x4, posee una resolución de 20 caracteres x 4 líneas, con 16 patillas para su entrada de voltaje y comunicación con el microcontrolador, un empaquetado COB, su voltaje de operación es de 5v y su consumo de aproximadamente 45mA.
- Para el ingreso de datos por parte del usuario se utilizará un teclado matricial de 4x4, posee 16 botones con organización matricial, 8 patillas para comunicación de datos con el microcontrolador, teclado tipo membrana, con una mayor resistencia al agua y polvo, su voltaje de operación es de 0 – 24VDC, con un consumo de 30mA y con temperatura de operación de 0 – 50°C.

3.1.3 Funciones del equipo

El equipo realizará las siguientes funciones:

- Medición de peso.
- Medición de estatura de la persona.
- Cálculo de los valores de índice de masa corporal y grasa corporal.
- Visualización de las variables peso, estatura, índice de masa corporal y grasa corporal.
- Detección de presencia.

3.2 Análisis del equipo de medición del estado nutricional en humanos

En este apartado se va a presentar y analizar el equipo de medición del estado nutricional en humanos desarrollado, y sus respectivos subsistemas. Se analizará cada subsistema, y sus características, para así exponer de una manera más sencilla cada parte del equipo a desarrollar, y lograr una apreciación detallada de cada subsistema del equipo.

El equipo a desarrollar tiene la misión de ser capaz de medir variables como peso y talla, con un porcentaje de error menor al 2%, y dichas variables importantes a la hora de calcular el índice de masa corporal y grasa corporal.

Para lograr esto, se seleccionó los sensores adecuados para cumplir este objetivo, de igual forma se tuvo que seleccionar el microcontrolador que será el encargado de procesar los datos obtenidos por los sensores y mediante la programación adecuada mostrar en una pantalla LCD los valores de peso, talla, índice de masa corporal y grasa corporal. Además de esto, se diseñó la estructura o soporte físico adecuado para el equipo a desarrollar, dicho soporte físico fue pensado para que tenga la característica de soportar un clima moderado, y que sea seguro para los elementos electrónicos que se encontraran dentro de él. Por otro lado, para el sistema de alimentación eléctrica del equipo, se pensó en un sistema fotovoltaico, lo cual permitiría colocar al equipo en cualquier lugar donde exista luz solar para su funcionamiento.

En base al previo análisis general del equipo, se propone dividirlo en subsistemas, por ende, en la figura 14 se expresa mediante un diagrama de bloques de los subsistemas a desarrollar.

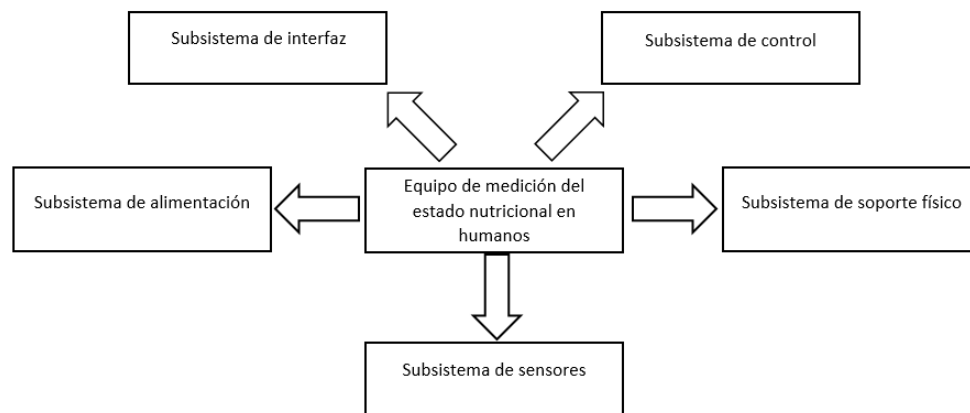


Figura 14. Estructura de los subsistemas del equipo.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Subsistema de soporte físico del equipo de medición del estado nutricional en humanos

El soporte físico tiene las funciones como: alojar los circuitos de control, interfaz con el usuario y sistema de alimentación; y dar estabilidad para la medición del estado nutricional en humanos.

El equipo está construido con acero galvanizado de 1.5mm de grosor, de 180cm de alto y 30cm de ancho, y que además se encontrará pintado con una pintura de características acrílicas, es decir, que ofrece resistencia al agua y de fácil limpieza, en la parte superior se encuentra un techado con el material de Alucobond 140cmx140cm curvado, a una distancia de 40cm con respecto a la estructura, y a 10cm más arriba del techado se encuentra el soporte para el panel solar. En la base de la estructura se encontrará 3 “alas” a las cuales se las debe empernar al suelo para lograr una estabilidad y firmeza en la estructura, además también se encontrará la balanza, la cual tiene un soporte hecho con Acero ASTM A36 (acero negro). En la parte frontal se encontrará la pantalla LCD y el teclado, que permitirá al usuario visualizar su estado nutricional y colocar los valores edad y sexo requeridos para el cálculo del índice de masa corporal y grasa corporal. En la parte posterior de la estructura se encontrará una puerta que permitirá el acceso a la parte interna de la estructura y así poder colocar el sistema de control y a su vez conectar los sensores, el sistema de alimentación y la interfaz con el usuario. En la figura 15 se presenta el plano 3D, y en la figura 16 la vista lateral del equipo.

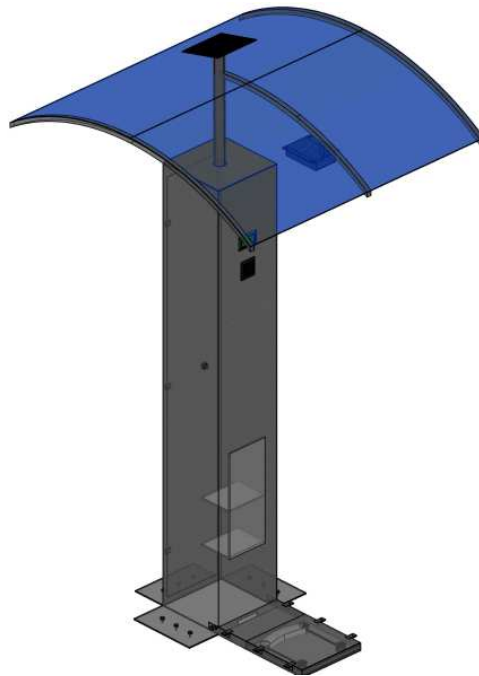


Figura 15. Vista 3D del equipo.
Fuente: Elaboración propia.

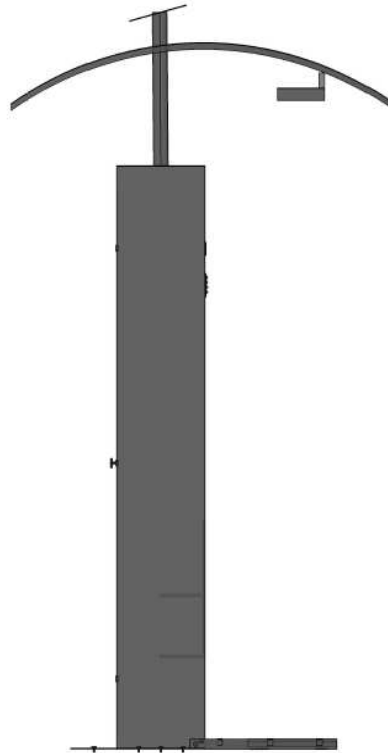


Figura 16. Vista lateral del equipo.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Análisis de los materiales del soporte físico

Según Acesco (2017), el acero galvanizado tiene las características de poseer resistencia mecánica del acero y la resistencia a la corrosión gracias a la capa de zinc. Por esta razón, se seleccionó este material para utilizarlo en la fabricación de la estructura cuadrada de 30x30cm y 180cm de alto, el cual servirá como soporte principal del techado y alojamiento de los elementos electrónicos como la pantalla LCD, el teclado 4x4, el sistema de alimentación y el sistema de control.

Por otra parte, para las bases de la estructura y la base para la balanza, se seleccionó acero ASTM A36, más conocido como acero negro, el cual es utilizado frecuentemente para estructuras o bases para estructuras que deben fijarse al piso.

En las figuras 17 se ilustra la estructura realizada en acero galvanizado y en la figura 18 las bases (balanza y estructura) en acero negro.

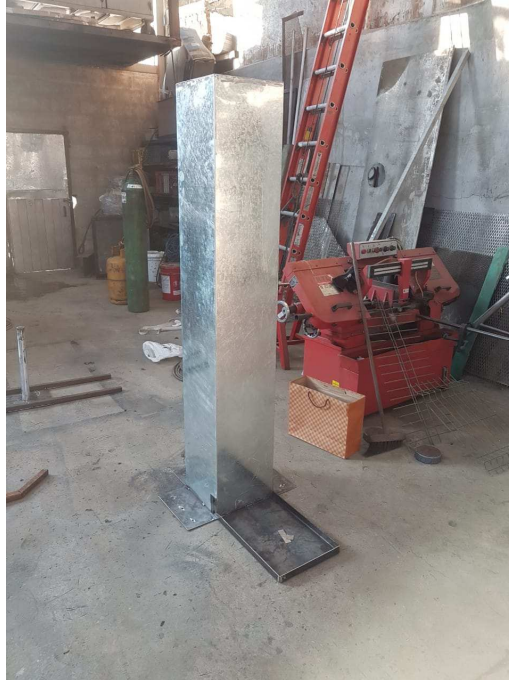


Figura 17. Estructura del equipo en acero galvanizado.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Bases en acero negro del equipo.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Análisis del dimensionamiento del equipo

Para el dimensionamiento del equipo se tomó en cuenta varios factores, tales como: el peso sobre la balanza, la estabilidad del equipo, el área que va a cubrir el techado, la colocación de los elementos electrónicos (sensores,

sistema de control y sistema de alimentación), y la visualización de la interfaz con el usuario. La estructura tiene unas dimensiones de 1800x300 mm, dichas medidas fueron tomadas considerando el lugar de alojamiento del sistema de control y la fijación de un techado en la parte superior, para lograr una mejor estabilidad del equipo y además tener suficiente espacio para colocar el sistema de control y alimentación dentro de la estructura. En la parte superior, como se ha mencionado antes, se encuentra el techado, este tiene unas dimensiones de 1400x1200 mm, área suficiente para lograr que el agua o los rayos solares no afecten tanto al equipo como a la persona que vaya a utilizar el equipo. En la figura 19 se muestra vista posterior y en la figura 20 se muestra una vista superior del equipo, con sus respectivas dimensiones.

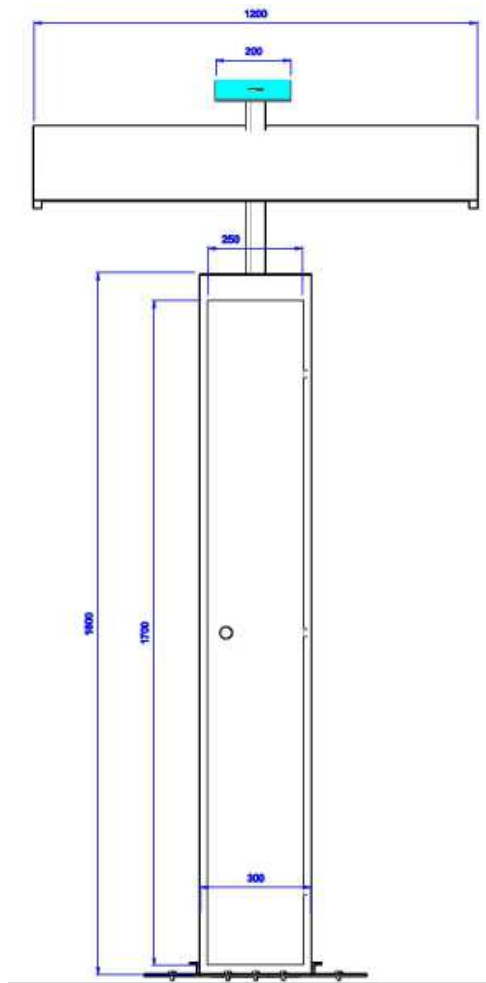


Figura 19. Dimensiones del equipo vista posterior.
Fuente: Elaboración propia.

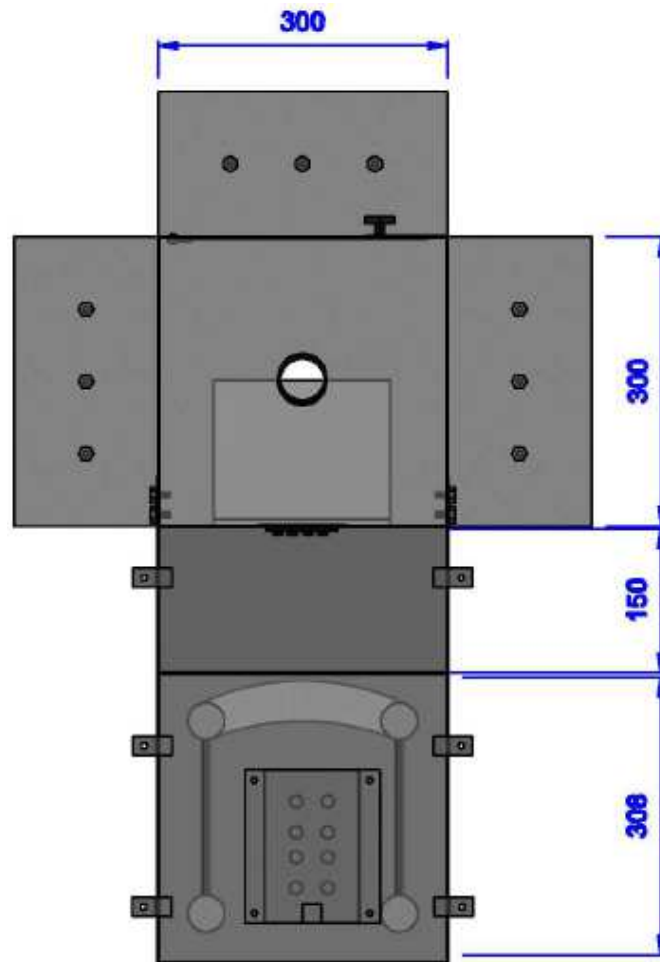


Figura 20. Dimensiones del equipo vista superior.
Fuente: Elaboración propia.

En la parte inferior se encuentra la base de la estructura y la base de la balanza, la base de la estructura cuenta con 3 “alas” con medidas de 300x150 mm, dimensiones suficientes para lograr una estabilidad aceptable sin tener que fijarlo al suelo. La base de la balanza tiene unas dimensiones internas de 302x302mm, tiene una forma como de bandeja con parte superior descubierta, dentro de ella ira colocado la balanza que tiene unas dimensiones de 300x300mm, por lo que entrará dentro de la bandeja con un espacio de 1mm por lados y le permitirá realizar la función de pesaje sin problemas. En la figura 21 se muestra la vista lateral de la base del equipo.

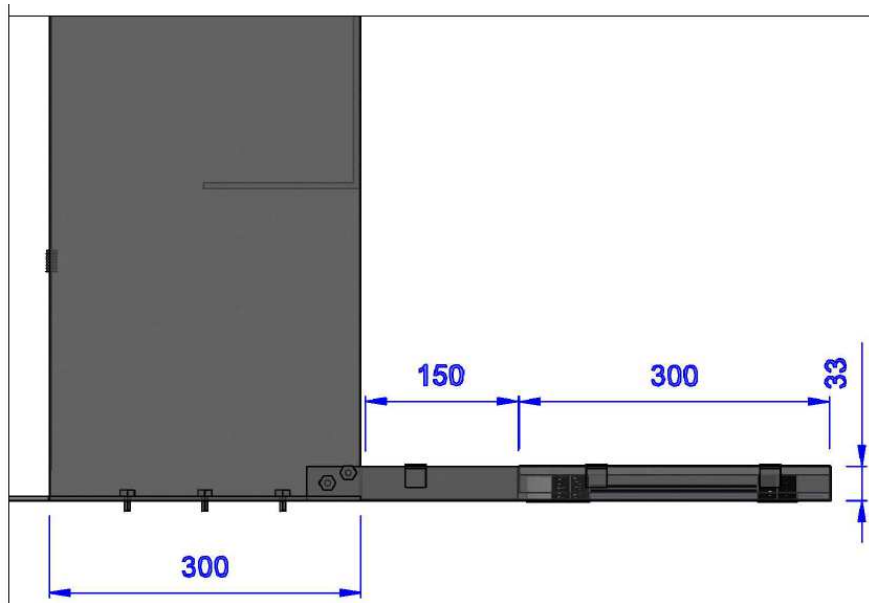


Figura 21. Dimensiones de la base del equipo, vista lateral.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Análisis de las partes estructurales del equipo

En el análisis estructural del equipo, existen ciertas partes que cumplen una función específica e importante para el correcto funcionamiento del equipo. En la figura 22 se muestra la vista de los elementos externos del equipo, como el panel solar, la bandeja donde se ubicará la balanza, la balanza, el display LCD, y el teclado.

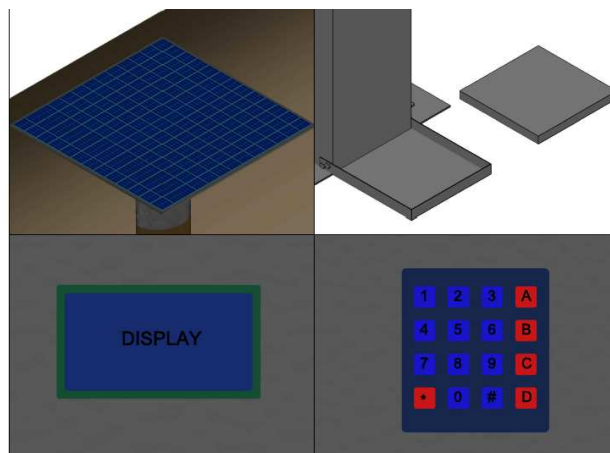


Figura 22. Vista de los elementos externos del equipo.
Fuente: Elaboración propia.

El panel solar cuenta con un pequeño sistema mecánico que permite variar su grado de inclinación para así lograr que el panel tenga más penetración de los rayos solares. En la figura 23 y 24 se muestra dicho soporte mecánico, la vista lateral del panel solar.



Figura 23. Soporte panel solar.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Vista lateral panel solar.
Fuente: Elaboración propia.

La bandeja que se muestra en la figura 25 tiene la función de base para la balanza, tiene las dimensiones para que la balanza entre con un 1mm de separación por sus 4 lados, y además su superficie interior es totalmente plana para que la bandeja tenga una correcta medición del peso. Además, cuenta con 6 soportes a los lados para evitar que la balanza salga de la bandeja y así evitar que las personas sufran algún accidente o que intenten sacar la balanza.

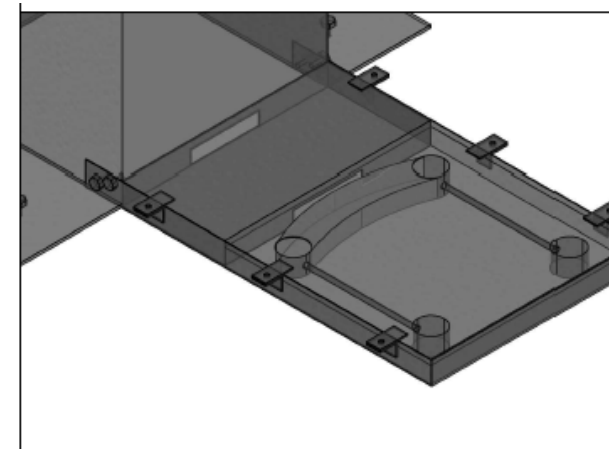


Figura 25. Bandeja de la balanza.
Fuente: Elaboración propia.

En la parte interna de la estructura se encuentra un soporte como se muestra en la figura 26, para el sistema de control y el sistema de alimentación, dicho soporte cuenta con dos repisas de plástico, lo cual es importante para los circuitos electrónicos, ya que evitaría que haya problemas de corto circuito. En la primera repisa se ubicará el sistema de control y en la segunda repisa la batería para el almacenamiento de la energía transferida desde el panel solar.



Figura 26. Vista posterior del equipo.
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Subsistema de alimentación y generación de energía

Para la generación de energía eléctrica se utilizará un sistema fotovoltaico aislado, el cual contará con un panel solar, un controlador de carga y una batería. En figura 27 se plasmará la conexión del sistema de alimentación.

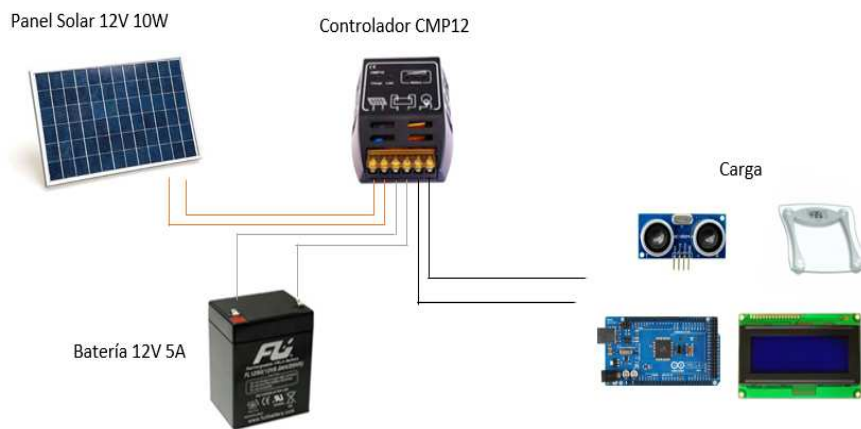


Figura 27. Esquema sistema de alimentación.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.1 Análisis del consumo del equipo

Antes de la selección de materiales, se debe realizar un cálculo del consumo eléctrico del equipo, para ello, se tuvo que medir el consumo estimado de cada elemento electrónico del equipo. En la tabla 2 se muestra el consumo estimado de los elementos del equipo.

Tabla 2. Consumo de los elementos del equipo.

ELEMENTO	CONSUMO (mA)
Arduino	93
Balanza	1.5
4 Sensores ultrasónicos	60
Controlador de carga solar	20
TOTAL	174.5

Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener el consumo de los elementos del equipo, se procede a estimar la duración de la batería, para ende, se calcula la potencia de máxima de la batería, y se divide por la potencia máxima de consumo de los elementos del equipo.

$$W_{Batería} = V_{Batería} * Ah_{Batería}$$

$$W_{Batería} = 12V * 5Ah$$

$$W_{Batería} = 60Wh$$

$$W_{Equipo} = V_{Equipo} * Ah_{Equipo}$$

$$W_{Equipo} = 5V * 0.1745A$$

$$W_{Equipo} = 0.8725W$$

$$Duración\ Batería = \frac{Wh_{Batería}}{W_{Equipo}}$$

$$Duración\ Batería = \frac{60Wh}{0.8725W} = 68.77h$$

Ecuación 1. Cálculo de la duración de la batería.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, la batería tendrá una duración de 2 días con 21 horas aproximadamente, sin el uso de un medio de carga externa, como un sistema fotovoltaico.

3.4.2 Análisis de los componentes del sistema de alimentación

Para la selección de los materiales adecuados se tuvo que analizar las características de los materiales a implementar y las necesidades del equipo a desarrollar, para lograr que el sistema de alimentación cumpla su función sin fallas a corto plazo.

El panel solar que se muestra la figura 28, es un panel de tipo monocristalino, según Romero (2015), son los paneles solares más utilizados actualmente y poseen una estructura ordenada, su costo es elevado ya que para su fabricación se requiere de mucho tiempo y energía, se lo obtiene dopando silicio puro con boro, y el rendimiento de estos paneles puede llegar hasta un 18%.

El panel que se utilizará posee una potencia de 10W, a 12V y con una corriente de trabajo u operación de 0.58A, dicho panel fue escogido según el requerimiento del equipo.



Figura 28. Panel solar
Fuente: Elaboración propia

El almacenamiento de la energía eléctrica producida por el panel solar será almacena en una batería seca recargable de 12V y 5A. La figura 29 muestra la batería y el controlador. El controlador de panel solar es un modelo CMP12/24, Tiene la función de controlar el estado de carga de la batería y también del paso de energía hacia las cargas, además tiene un control de corte automático acerca de sobrecargas en la batería o bajo voltaje de la batería, es decir, cuando la batería comienza a sobrecargarse automáticamente corta el suministro de energía para proteger a la batería, y si existe un bajo voltaje suministrado a las cargas, el controlador corta el suministro de energía a las cargas para protegerlas.



Figura 29. Batería y controlador panel solar.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Generación y almacenamiento de energía fotovoltaica

Para entender mejor el funcionamiento del sistema de alimentación y generación de energía, se realizó un diagrama de flujo como se muestra en la figura 30.

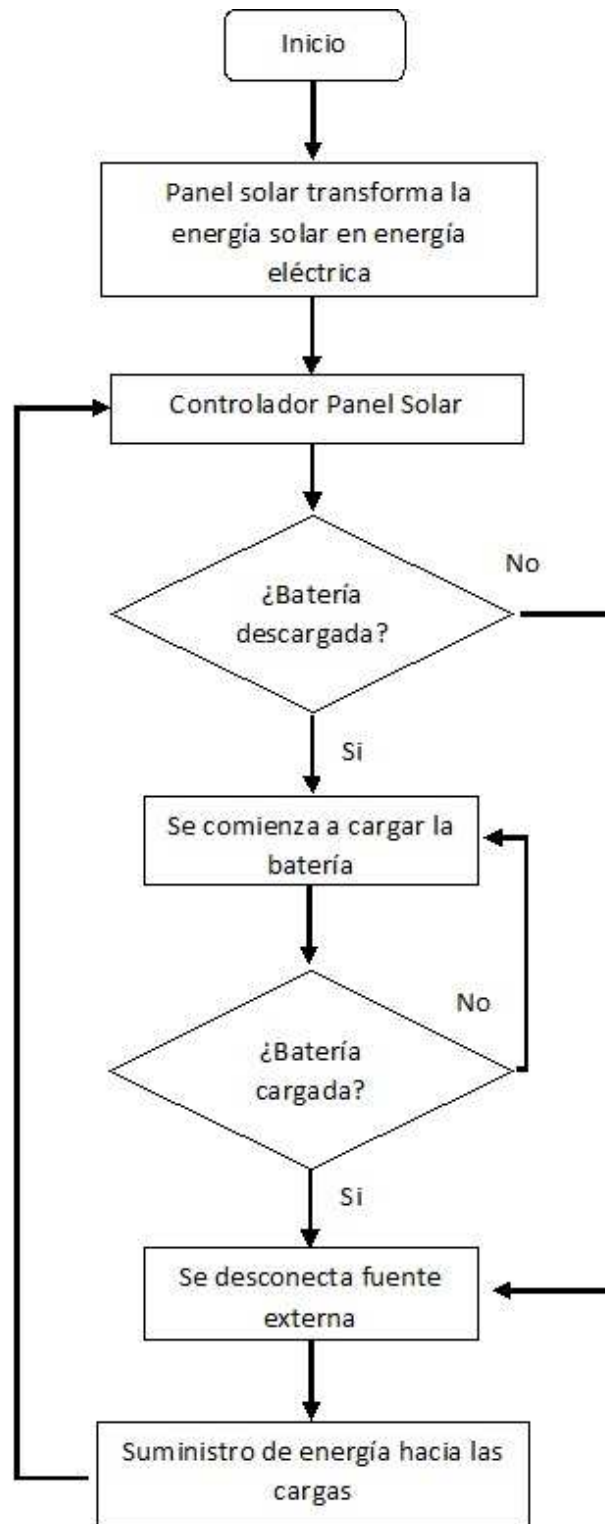


Figura 30. Diagrama de flujo generación y almacenamiento de energía.
Fuente: Elaboración propia.

El funcionamiento comienza por el panel solar, este elemento mediante la radiación solar genera energía eléctrica, dicho elemento estará conectado al controlador de panel solar, así como también la batería y las cargas. El controlador detecta si la batería esta descargada o cargada o si no existe una batería conectada. Si se encuentra descargada, la batería comienza a cargarse, llegará a un punto donde la batería se encuentre cargada totalmente, si esto resulta verdadero, el controlador cortará el suministro de energía y comenzará a transferir la energía de la batería hacia las cargas, pero si no se encuentra totalmente cargada, lógicamente seguirá cargando; Si se encuentra cargada, el controlador cortará el suministro de energía y comenzará a transferir la energía de la batería hacia las cargas.

3.5 Subsistema de sensores

Los sensores utilizados fueron seleccionados por la generalidad del equipo a implementar, para lograr el correcto funcionamiento a través de la medición de los valores a utilizar, de forma rápida y precisa. Estos elementos son de bajo costo y de alta fiabilidad.

3.5.1 Sensor ultrasónico HC-SR04

3.5.1.1 Análisis del sensor HC-SR04

El HC-SR04, el cual es un sensor ultrasónico, fue elegido por su alta fiabilidad y por el rango de medición que posee, desde 3cm a 400cm. A continuación, en la figura 31 se mostrará el sensor en cuestión.



Figura 31. Sensor ultrasónico.
Fuente: Elaboración propia.

El sensor cuenta con 4 patillas, siendo el primero de alimentación, el segundo de Trigger, el tercero de Echo y el cuarto de Ground. El pin Trigger se conecta al pin 2 del Arduino y el pin echo al pin 4. En la figura 32 se muestra las patillas en donde estará conectado al microcontrolador.

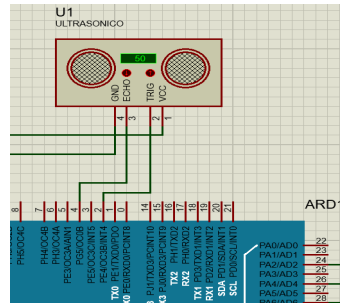


Figura 32. Conexión del sensor HC-SR04 a las patillas del Arduino.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.2 Análisis de la programación del sensor HC-SR04

Para un mejor entendimiento sobre cómo va a funcionar y sobre todo su programación, a continuación, se mostrará en la figura 33 un diagrama de flujo simple donde se describe la programación y para luego explicar el programa realizado para que el sensor HC-RS04 cumpla su determinada función que trata sobre la medición de la talla o estatura de personas. La programación para el cálculo de la talla o estatura del equipo de medición del estado nutricional en humanos comienza separándolo en 2 ficheros (de cabecera .h y fuente .cpp), en donde en el primer fichero se incluirá variables globales, constantes, definición de estructuras y clases, etc. En el segundo fichero, simplemente son las implementaciones. En este fichero (Fuente) se incluyen las librerías y variables a utilizar en el programa, las configuraciones de las patillas, tales como: Trig como salida y Eco como entrada. Seguidamente con las funciones que tendrá este fichero, como: La lectura del sensor y el cálculo de la talla. Para generar la lectura del sensor se envía una señal de HIGH al Trig para generar un pulso de salida, el pin Eco mediante la variable duration y la función pulseIn calculará el tiempo de llegada del pulso, y posteriormente con la variable distance se obtendrá el valor medido en cm, dividiendo la variable duration para 58.2. Para calcular la talla de la persona se creará una sentencia FOR el número de lectura del sensor (20 lecturas) y luego utilizarlo

para promediar el número de lecturas y obtener un valor más exacto, y finalmente utilizarlo en una ecuación donde se resta el valor de distancia que existe entre la balanza y el sensor ultrasónico, es decir, $2m -$ la distancia medida por el sensor.

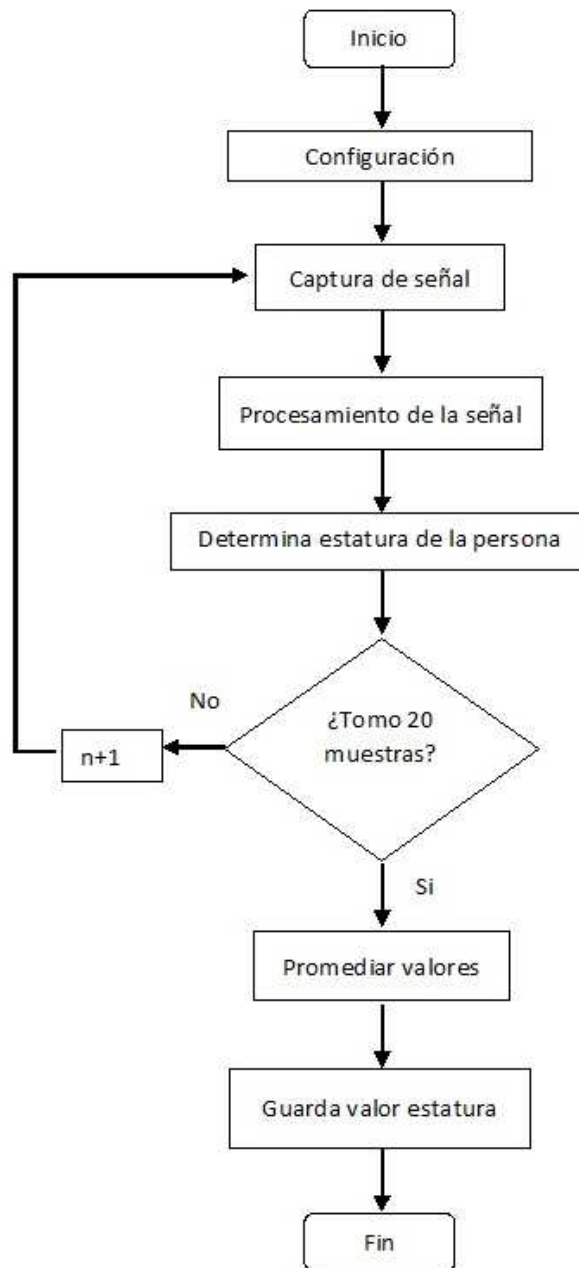


Figura 33. Diagrama de flujo programación sensor HC-SR04.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Sensor de peso y HX711

3.5.2.1 Análisis del sensor de peso y HX711

En la figura 34 se muestra el sensor de peso, llamada también celda de carga, dicho sensor tiene la cualidad de generar tensión eléctrica cuando existe una deformación interna. El HX711 es un convertidor análogo digital de 24 bits, específicamente para sensores de peso. Los cables del sensor de peso son 4, y se diferencian entre sí por sus colores (Rojo, negro, verde o azul y blanco), en la figura 35 se muestra la equivalencia eléctrica de los 4 sensores de peso que estarán dentro de la balanza, así como la entrada de voltaje y señal de sus cables, y en la figura 36 se indica la conexión de la celda de carga con el HX711, y el HX711 con las patillas del Arduino.



Figura 34. Celda de carga.
Fuente: Elaboración propia.

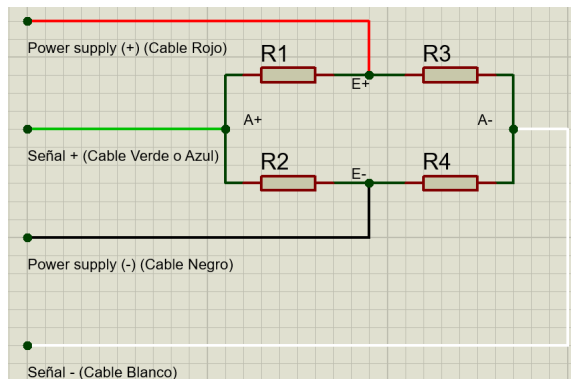


Figura 35. Equivalencia eléctrica de la celda de carga.
Fuente: Elaboración propia.

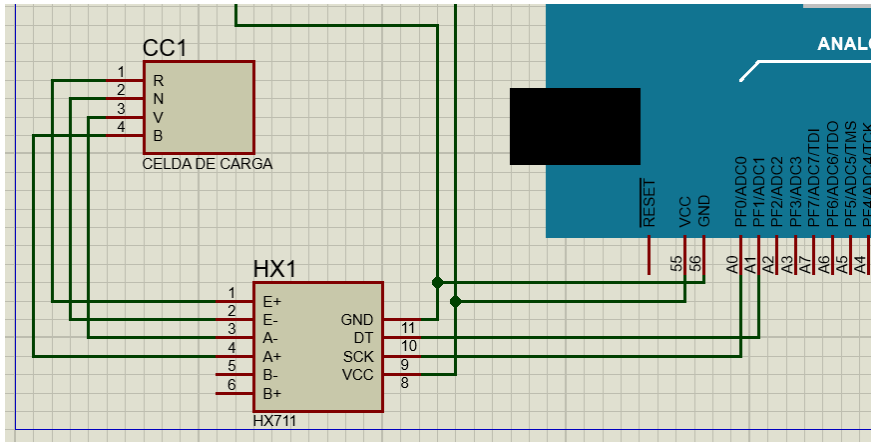


Figura 36. Conexión del HX711 con Arduino.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.2 Análisis de la programación del sensor de peso

Antes de comenzar con la programación del sensor de peso, se debe realizar una calibración del sensor, para obtener el valor de calibración que luego se utilizará en el programa principal. En la figura 37 se muestra el diagrama de flujo de la calibración del sensor de peso.

En el monitor serie mostrará el valor de lectura, para obtener el valor de calibración se aplicará la siguiente fórmula.

$$\text{Valor de calibración} = \frac{\text{Valor de lectura}}{\text{Peso real}}$$

Ecuación 2. Obtención del valor de calibración para el sensor de peso.

Fuente: Elaboración propia.

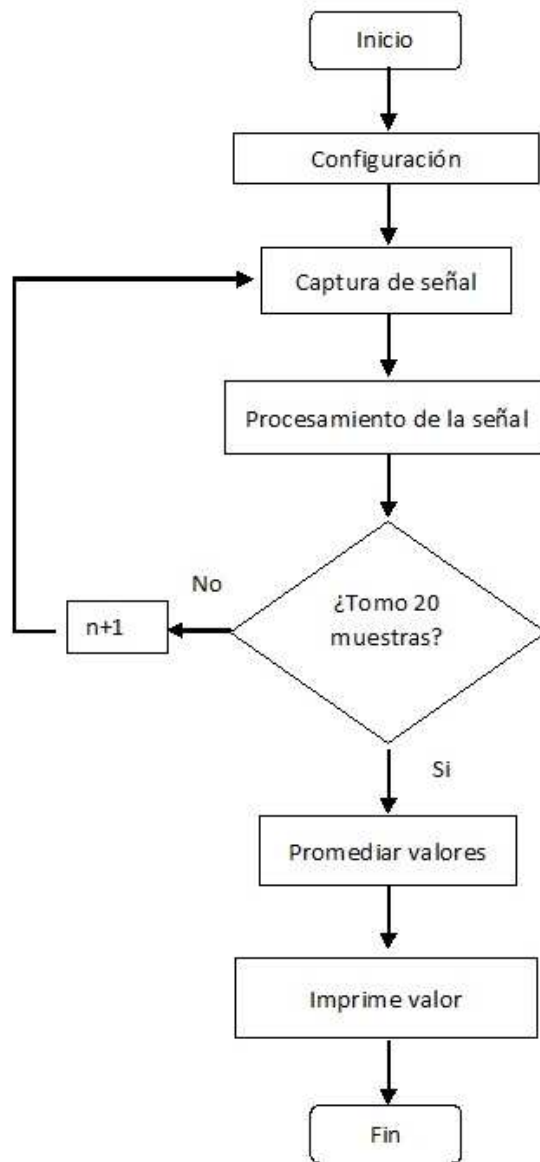


Figura 37. Diagrama de flujo calibración balanza.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura 38 se muestra un simple diagrama de flujo de la programación del sensor de peso.

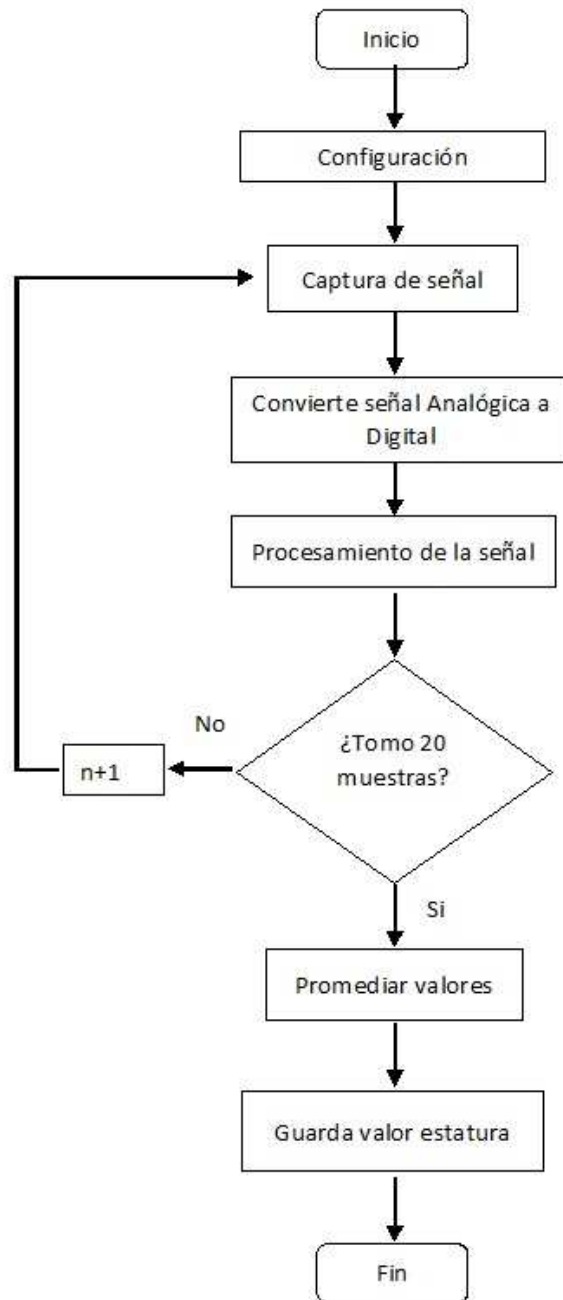


Figura 38. Diagrama de flujo programación balanza.
Fuente: Elaboración propia.

Se comenzará separando en dos archivos (.h y .cpp) la programación del sensor de peso, donde en el archivo de cabecera se incluirán variables globales, constantes, definición de estructuras y clases, etc. En el segundo archivo (.cpp), se incluirá las librerías, definiciones y variables a utilizar, se configuran las patillas tales como: DOUT y CLK, como entradas analógicas

(A0 y A1), se utilizó esta función para setear el valor de calibración de la balanza `scale.set_scale(cal_val)`, en donde la variable `cal_val`, es el valor de calibración, dicho valor se lo colocará en el programa principal, luego la función `scale.tare()`, establece el peso actual como Tara, finalmente para obtener el valor del peso se utilizará la función `scale.get_units` promediando 20 lecturas.

3.6 Subsistema de interfaz

En este apartado se comenzará describiendo el interfaz de comunicación con el usuario, en donde se utilizó un teclado matricial 4x4 y una pantalla LCD 16x4. Para el sistema de control, un Arduino mega2560 y sensores previamente descritos. Se analizará los elementos para el subsistema de control e interfaz, así como la programación de cada parte.

3.6.1 Teclado matricial 4x4

3.6.1.1 Análisis del teclado matricial 4x4

El teclado que se usó se muestra en la figura 39, cuenta con 8 pastillas para comunicación de datos con el microcontrolador. La conexión del teclado con el Arduino se muestra en la figura 40.



Figura 39. Teclado matricial 4x4.
Fuente: Elaboración propia.

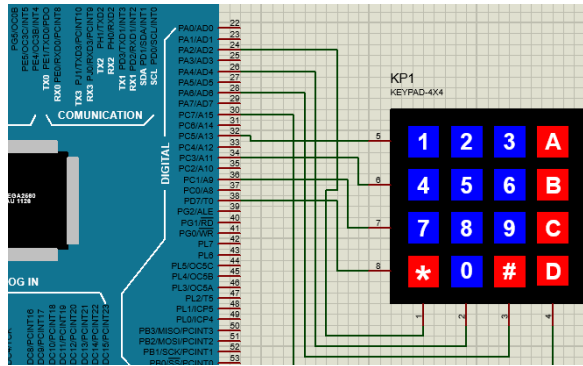


Figura 40. Conexión teclado matricial 4x4 con Arduino.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.2 Análisis de la programación del teclado matricial 4x4

Se comienza separando en 2 archivos (.h y .cpp) la programación del teclado. En el archivo .h es donde se ingresa variables globales, constantes, definición de estructuras y clases, etc. En el archivo .cpp se incluyen las librerías, definiciones y variables a utilizar, se configuran las patillas correspondientes a las filas y las patillas correspondientes a las columnas. Ya que en el teclado se ingresará la edad y el sexo de la persona, para ingresar la edad lógicamente se utilizará los números del teclado y para la selección del sexo se usará las teclas “A” y “B”, para especificar si es hombre o mujer. Entonces se creó 2 funciones para bloquear todo mientras se espera la pulsación de una tecla (waitForKeyNumber, waitForKeyAB), un bloqueo para los números y un bloqueo para las teclas “A” y “B”.

3.6.2 Pantalla LCD

3.6.2.1 Análisis del LCD

Para la visualización de los indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de cada persona que use el equipo, se utilizó una pantalla LCD de 16x4. En la figura 42 se muestra la conexión de la pantalla LCD con el Arduino.

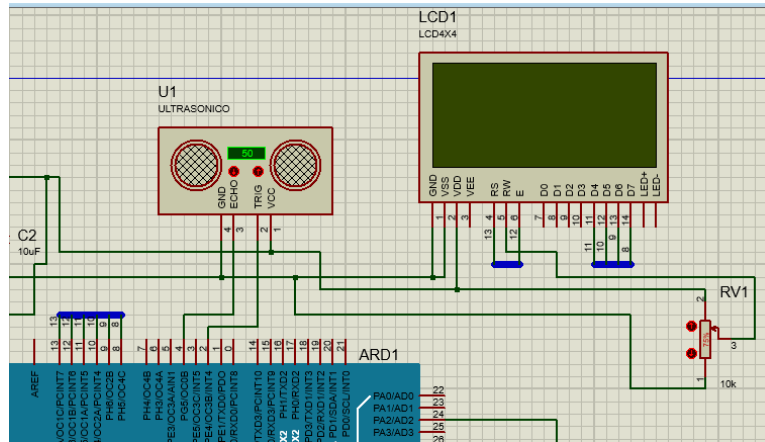


Figura 41. Conexión LCD con Arduino.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.2.2 Análisis de la programación del LCD

La programación del LCD es prácticamente las impresiones de los valores de peso, talla, índice de masa corporal y grasa corporal. En el programa principal se declara la librería del LCD y se definen las patillas de conexión del LCD con el Arduino y se inicializa el LCD con `lcd.begin(16,4)`, ya que la pantalla es de 16x4, y luego se utiliza las funciones de `lcd.setCursor` y `lcd.print` para situar la posición en la pantalla e imprimir ciertos valores.

3.7 Subsistema de control

3.7.1 Análisis del subsistema de control

El subsistema de control abarca todos los elementos citados anteriormente, en donde cada parte cumple una función específica para el funcionamiento correcto del equipo de medición. En la siguiente figura 43, se muestra el regulador 7805 de 12VDC a 5VDC, que regula el voltaje que suministra el subsistema de alimentación y generación de energía, y que sirve para tener un voltaje constante y energizar el circuito de control que se muestra en la figura 44. Tiene la capacidad de regular voltajes 25v a 5v, con una corriente de salida máxima de 1A. El equipo tiene un consumo de 174.5mA, por lo que no se necesita colocar un disipador para el `lm7805`. Se seleccionó la plataforma Arduino Mega2560, ya que el sistema de control necesita muchas patillas digitales para conectar los diferentes elementos tales como: el display

LCD 16x4, el teclado matricial, los 4 sensores ultrasónicos, y la balanza, y el arduino posee 54 patillas digitales, cantidad suficiente para el sistema de control. Además, cuenta con una velocidad de 16MHz, un microcontrolador de la familia ATmega2560 de 8bits y una memoria flash de 256KB para almacenar código

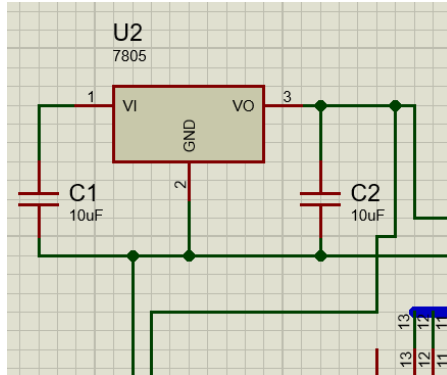


Figura 42. Regulador 7805.
Fuente: Elaboración propia.

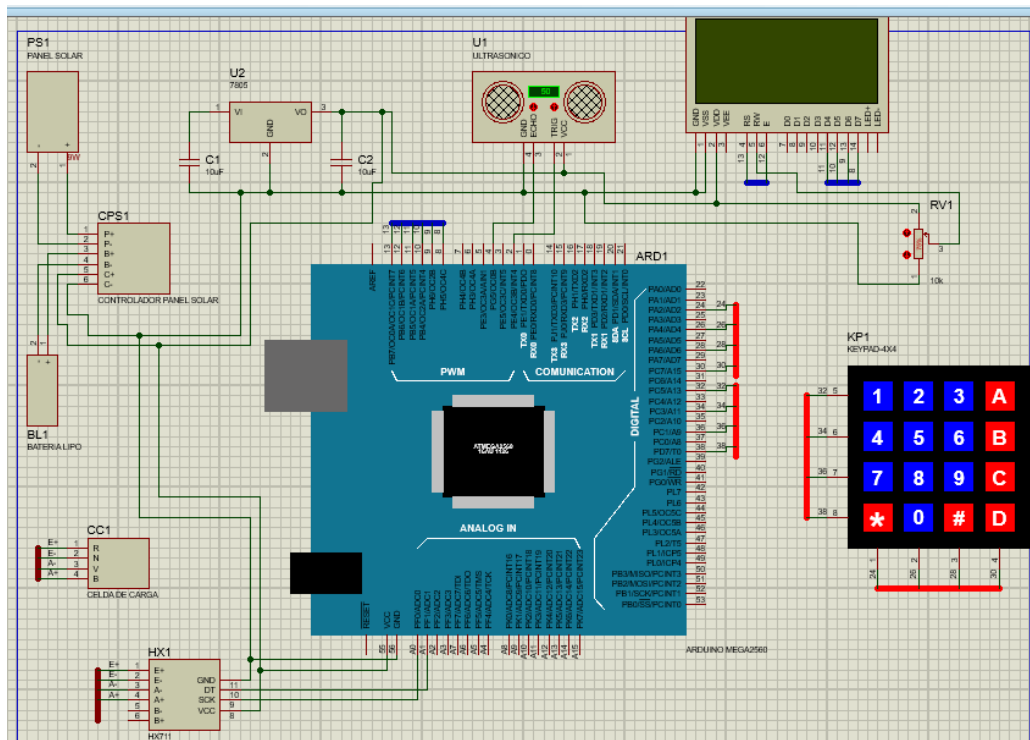


Figura 43. Circuito de control.
Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Análisis de la programación del subsistema de control

El código principal es el encargado de unificar cada parte de programación de los sensores e interfaz que fueron expuestos previamente. En la figura 44 se muestra el diagrama de flujo de la programación del subsistema de control.

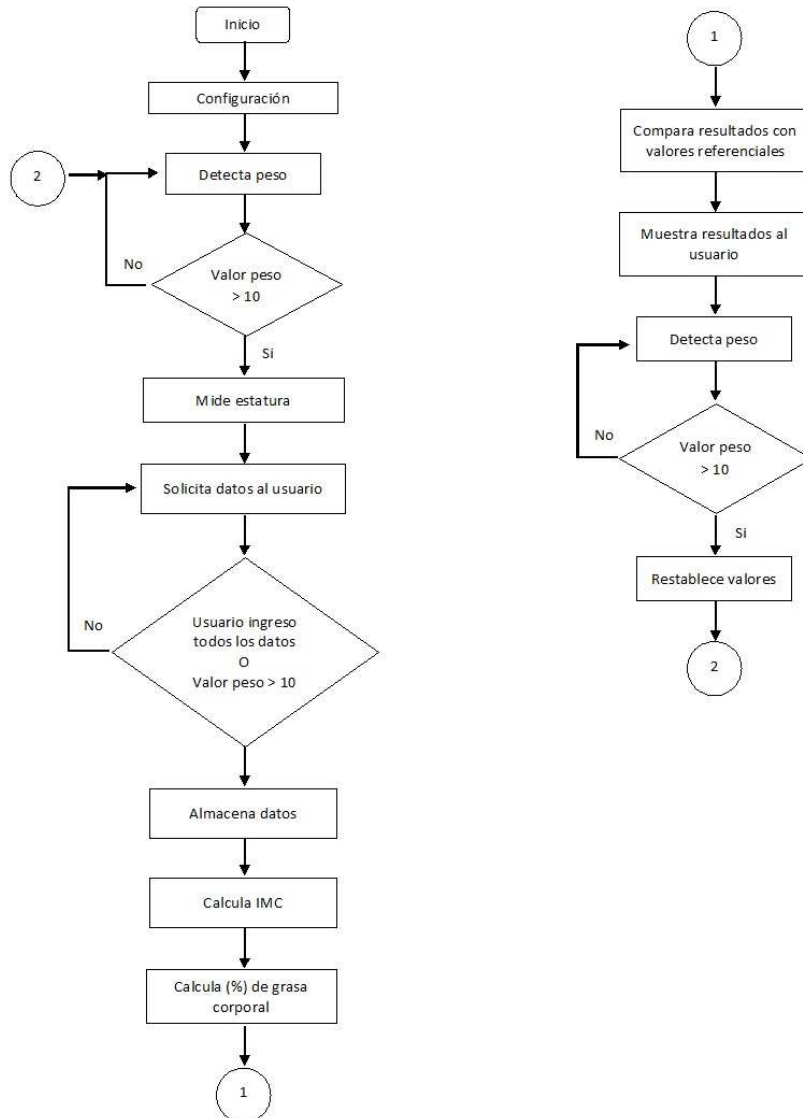


Figura 44. Diagrama de flujo subsistema de control.
Fuente: Elaboración propia.

Como primera parte se comienza incluyendo las librerías tales como LiquidCrystal.h, ckeypad.h, cscale.h, y hcsr04.h. La librería LiquidCrystal.h sirve para utilizar las funciones de la pantalla LCD. La librería ckeypad.h fue

creada para la comunicación entre el usuario y el equipo por medio del teclado, esta librería contiene la librería de keypad y además funciones y variables que servirán en el código principal. La librería cscale.h fue creada para la obtención del peso del usuario, contiene una librería llamada “HX711”, la cual permite utilizar funciones para la calibración y obtención de valores del sensor de peso. La librería hcsr04.h fue creada para la obtención de la talla del usuario, esta librería cuenta con la generación del pulso del sensor, y de funciones y variables para la obtención de la talla. Luego de incluir las librerías a utilizar, se seguirá con la declaración de las funciones propias del programa principal, tales como waitForAge, waitForSex, printWeight, printHeight, y main_process. Siguiendo con la programación, se declaran los objetos de clase, las definiciones tales como CAL_NUMBER y WEIGHT_TO_ON. La primera define el valor de calibración de la balanza, y la segunda define el valor en kg para mantener la balanza “encendida”. Siguiendo con la programación, se declaran las variables globales, y se fija algunos criterios que ejecutaran una sola vez en el void setup, y en el void loop se establece el bucle de control. La función main_process, contiene la funcionalidad del equipo. Los valores de peso y talla se deben medir durante 7 segundos, esto permitirá una mejor precisión a la hora de obtener dichos valores. Para el cálculo de los valores de índice de masa corporal y grasa corporal se utilizará la ecuación 2 y la ecuación 3.

$$IMC = \frac{Peso}{Altura^2}$$

Ecuación 3. Cálculo del índice de masa corporal.
Fuente: (Moreno G, 2012).

$$\%grasa\ corporal = 1.2(IMC) + 0.23(edad) - 10.8(sexo) - 5.4$$

Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de grasa corporal.
Fuente: (Moreno G, 2012).

Las funciones waitForAge, waitForSex, printWeight y printHeight, son las encargadas de la visualización de los valores de edad, sexo, peso y talla en la pantalla LCD.

3.8 Pruebas de funcionamiento

Para comprobar el correcto funcionamiento del equipo a implementar, se procedió a realizar 3 pruebas. Las funciones principales son el cálculo preciso del peso, talla de la persona, cálculo del índice de masa corporal y porcentaje de grasa corporal, por ende, las pruebas realizadas fueron aplicadas a los sensores. Las funciones del sistema, son el conjunto o requisitos que el equipo debe cumplir para lograr cumplir con el problema planteado en este proyecto de titulación.

3.8.1 Prueba de la balanza

Objetivo de la prueba: Determinar el porcentaje de error de calibración de la balanza.

Variables que intervienen: Peso, porcentaje de error.

Desarrollo del experimento: Para la ejecución de esta prueba se procedió a tomar 10 muestras con diferentes pesos patrones que fueron medidos con una balanza industrial para obtener un valor real, y luego ir registrando los valores medidos por la balanza del equipo y finalmente obtener el porcentaje de error.

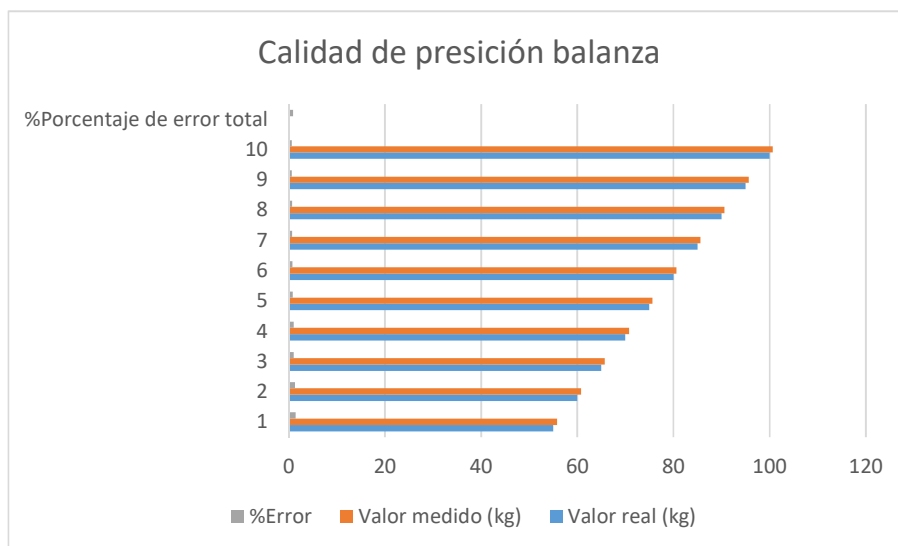


Figura 45. Prueba calidad de precisión balanza.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Porcentaje de error balanza

Número de pruebas	Valor real (kg)	Valor medido (kg)	%Error
1	55	55,8	1,5
2	60	60,8	1,3
3	65	65,7	1,1
4	70	70,7	1,0
5	75	75,6	0,8
6	80	80,6	0,7
7	85	85,6	0,7
8	90	90,6	0,7
9	95	95,6	0,6
10	100	100,6	0,6
%Porcentaje de error total			0,9

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados: Se puede evidenciar que a menor peso de la persona la precisión baja considerablemente, y a mayor peso la precisión mejora. Esto sucede ya que, al calibrar la balanza con la programación, se debe utilizar el máximo peso que soporta la balanza, por ende, los valores pequeños (55Kg) tienden a tener menos precisión que valores más grandes. Pero esto asegura una correcta medición del peso en las personas adolescentes o adultas, lo cual es lo que se enfoca el proyecto de titulación.

3.8.2 Pruebas con el sensor ultrasónico HC-SR04

Objetivo de la prueba: Determinar el porcentaje de error en la medición de la talla o estatura de la persona.

Variables que intervienen: Distancia, porcentaje de error.

Desarrollo del experimento: Para la ejecución de esta prueba se procedió a tomar 10 muestras con diferentes estaturas de personas, donde se fue registrando los valores reales obtenidos mediante la utilización de un metro plegable, los valores medidos con la utilización de los sensores ultrasónicos y finalmente obtener el porcentaje de error.

Tabla 4. Porcentaje de error sensor HC-SR04.

Número de pruebas	Valor real (cm)	Valor medido (cm)	%Error
1	140	142,7	1,9
2	145	147,6	1,8
3	150	152,6	1,7
4	155	157,4	1,5
5	160	162,2	1,4
6	165	167	1,2
7	170	171,5	0,9
8	175	176,5	0,9
9	180	180,9	0,5
10	185	185,6	0,3
%Porcentaje de error total			1,2

Fuente: Elaboración propia.

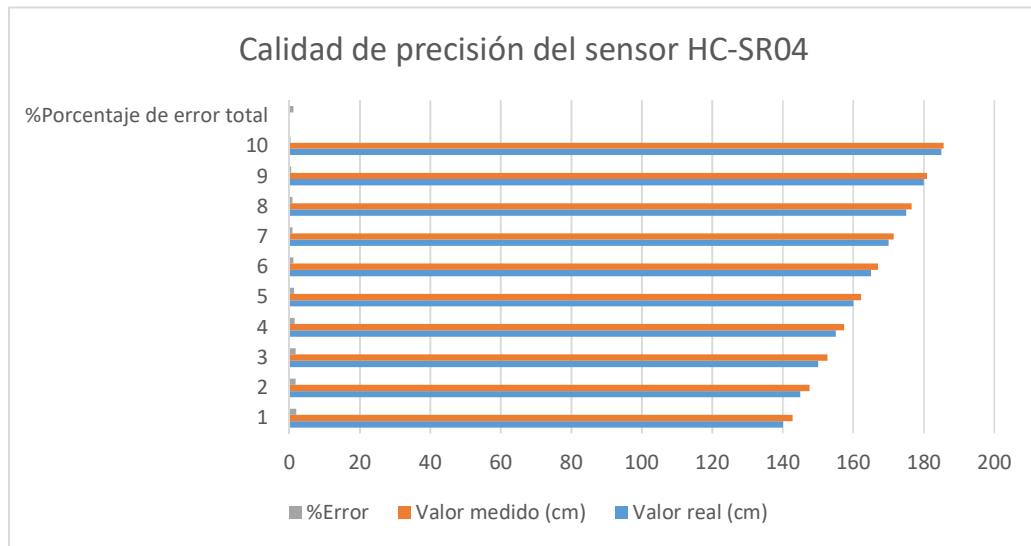


Figura 46. Prueba del sensor HC-SR04.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados: Se puede evidenciar que si la persona tiene una menor estatura (140cm) la precisión tiende a decaer, y si la persona posee mayor estatura tiende a mejorar la precisión, esto sucede por 3 factores tales como: la forma de la cabeza, forma de peinado del cabello y estabilidad de la persona en la balanza. Pero esto asegura una correcta medición de la estatura en

personas, de preferencia en adolescentes y adultos, lo cual es lo que se enfoca el proyecto de titulación.

3.8.3 Pruebas del cálculo índice de masa corporal y grasa corporal

Objetivo de la prueba: Determinar el porcentaje de error en el cálculo del IMC y grasa corporal

VARIABLES QUE INTERVIENEN: IMC, porcentaje de error.

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO: Para la ejecución de esta prueba se procedió a tomar 10 muestras con diferentes pesos reales y estaturas reales de personas, donde se calculó el valor del índice de masa corporal real y grasa corporal real, con respecto al peso y estatura medida por los sensores, y índice de masa corporal y grasa corporal calculado a partir de los sensores.

Tabla 5. IMC Real y Grasa Corp. Real Vs IMC Medido y Grasa Corp. Medido.

N°	S	E	P. M. (kg)	P. R. (kg)	T. M. (m)	T. R. (m)	IMC M.	IMC R.	Gr. Corp. M. (%)	Gr. Corp. R. (%)
1	1	18	45,70	45	1,51	1,50	20,04	20,0	12,0	11,9
2	1	18	50,90	50	1,66	1,65	18,47	18,4	10,1	10,0
3	0	20	55,90	55	1,61	1,60	21,57	21,5	25,1	25,0
4	1	22	60,84	60	1,46	1,45	28,54	28,5	23,1	23,1
5	1	18	65,95	65	1,63	1,62	24,82	24,8	17,7	17,7
6	0	19	71,90	71	1,51	1,50	31,70	31,6	37,0	36,8
7	1	23	75,95	75	1,82	1,81	22,93	22,9	16,6	16,6
8	1	24	80,80	80	1,72	1,71	27,47	27,4	22,3	22,2
9	0	21	85,95	85	1,55	1,55	35,73	35,4	42,3	41,9
10	1	25	90,80	90	1,76	1,76	29,25	29,1	24,6	24,4

Fuente: Elaboración propia.

Donde, S= sexo, E= edad, P. M.= peso medido, P. R.= peso real, T. M.= talla medida, T. R.= talla real, IMC M.= IMC medido, IMC R.= IMC real, Gr. Corp. M.= grasa corporal medido, Gr. Corp. R.= grasa corporal real.

Donde, sexo = 1 para hombres, y sexo = 0 para mujeres.

Tabla 6. Porcentaje de error peso, talla, IMC, y grasa corporal.

N°	ERROR PESO (%)	ERROR TALLA (%)	ERROR IMC (%)	ERROR GR. CORP. (%)
1	1,56	0,67	0,21%	0,43%
2	1,80	0,61	0,58%	1,27%
3	1,64	0,63	0,38%	0,39%
4	1,40	0,69	0,02%	0,02%
5	1,46	0,62	0,22%	0,37%
6	1,27	0,40	0,46%	0,48%
7	1,27	0,55	0,16%	0,26%
8	1,00	0,29	0,41%	0,61%
9	1,12	0,06	0,99%	1,00%
10	0,89	0,11	0,66%	0,94%

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados: Las pruebas fueron realizadas con personas de diferentes sexo y edad, se puede apreciar en la tabla 5, los valores medidos por los sensores. El IMC y grasa corporal son directamente proporcionales a los valores de peso y talla, por lo tanto, si llegase a existir una lectura errónea, los valores IMC y grasa corporal serian totalmente erróneos. La prueba realizada demostró un porcentaje de error menor al 2%, y se pudo obtener los valores IMC y Grasa corporal de forma correcta.

3.9 Cálculo de costos

En esta sección se presentará los elementos que fueron utilizados para el desarrollo del presente proyecto de titulación, así como también el soporte físico para el prototipo. Se expondrá el costo de cada uno y el costo aproximado por todo el prototipo. En la tabla 7 se muestra el costo por los elementos y en la tabla 8 se muestra el costo por la construcción del soporte físico para el prototipo, la cual fue realizada por la empresa ALEXCINTH S.A. El costo total del equipo fue de \$620.87.

Tabla 7. Lista de materiales del equipo.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIDAD	P. TOTAL
1	Avresa solar panel 10w mono	\$50,00	\$50,00
1	Regulador panel solar CMP12-10A	\$35,45	\$35,45
1	Batería recargable seca 12V-5A	\$17,86	\$17,86
8	Terminal riel hembra rojo(18-16)	\$0,09	\$0,71
4	Cable de parlante N°18	\$0,31	\$1,24
2	Capacitor electrolítico 10uF 25V	\$0,09	\$0,18
1	Integrado regulador LM7805	\$0,45	\$0,45
1	Kit caudín 60W	\$10,00	\$10,00
2	Cable jumper M-M (10u) (20cm)	\$0,89	\$1,78
2	Cable jumper M-H (10u) (20cm)	\$0,89	\$1,78
2	Cable jumper H-H (10u) (20cm)	\$0,89	\$1,78
2	Teclado matricial 4x4	\$3,12	\$6,24
4	Sensor ultrasónico HC-SR04	\$2,67	\$10,68
2	Soporte de sensor ultrasónico	\$1,60	\$3,20
2	Balanza digital	\$12,00	\$24,00
1	Arduino mega 2560	\$24,00	\$24,00
1	Display LCD 16x4	\$15,00	\$15,00
SUBTOTAL			\$204,35
IVA 12%			\$24,52
COSTO TOTAL			\$228,87

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Costo soporte físico del equipo.

CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT .	TOTAL
	<p>CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA PARA ESTACION DE PESAJE</p> <p>CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA PARA SISTEMA DE BALANZA EN PLANHA GALVANIZADA DE 1,20 mm DE ESPESOR Y APLICACIÓN DE PINTURA DE POLIURETANO</p> <p>DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA: ALTO: 1800 mm SECCION TRANSVERSAL: 300 X 300 mm AREA DE LA BASE: 300 X 150 mm X 4 mm; 3 AGUJEROS DE 1/2" POR CADA LADO PUERTA: 1700 X 250 mm</p> <p>COLOCACION DE TECHADO CURVO EN ALUCOBOND COLOCACION DE PANEL SOLAR SOBRE EL TECHADO CONSTRUCCION DE BANDEJAS DE SOPORTE PARA BALANZA CONSTRUCCION DE SOPORTERIA PARA BATERIA</p>	\$ 350,00	\$ 350,00
SON:	TRECIENTOS CINCUENTA CON 00/100	SUBTOTAL	\$ 350,00
		DESCUENTO	
		IVA 12%	\$ 42,00
		TOTAL \$	\$ 392,00
	<p>_____ Jorge Lema P. FIRMA AUTORIZADA</p>		<p>_____ RECIBI CONFORME</p>

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El actual capítulo tiene el propósito de presentar los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente proyecto de titulación, además se realizará una breve discusión y análisis.

4.1 Presentación de resultados

En este apartado, se llevará a cabo una presentación de los resultados relacionado a las investigaciones del estado del arte realizado, posteriormente los resultados del diseño del hardware y software, la interfaz con el usuario y las pruebas realizadas y los resultados generales del equipo implementado.

4.1.1 Resultados del Hardware

Para la implementación del equipo de medición del estado nutricional en humanos, se diseñó un soporte físico con medidas especialmente pensadas para lograr una estabilidad del equipo, el fácil uso del usuario, el fácil mantenimiento del equipo, la durabilidad del equipo, y la correcta medición de los valores de peso y estatura.

Además, tiene la función de abarcar los elementos de control y alimentación del equipo.

Se diseñó y construyó el soporte físico:

El diseño y construcción del soporte físico permitió el desarrollo del equipo de medición del estado nutricional en humanos. Permitted el acople de los sensores para las diferentes mediciones.

Se construyó un soporte para el sistema de control y alimentación:

El soporte fue pensado para evitar posibles corto circuitos, por ese motivo fue construido con material plástico, y posee dos repisas, una para el sistema de alimentación y la otra para el control.

Se desarrolló una tarjeta de control:

Para que contenga todo el circuito de control, en donde se incluye al regulador de voltaje, el microcontrolador Arduino Mega2560, y el ADC HX711.

4.1.2 Resultados del software

El desarrollo de la programación del microcontrolador en el sistema de control provee el bucle de medición de los valores de peso, estatura, índice de masa corporal y grasa corporal, y demostró el correcto funcionar de manera correcta y cumple con las expectativas del proyecto de titulación.

4.1.3 Resultados de la interfaz del usuario

La pantalla LCD y un teclado matricial fueron los 2 elementos que se utilizaron para el desarrollo de la interfaz del usuario.

La comunicación de estos 2 elementos con el microcontrolador permitió la visualización de los valores de medición del estado nutricional del usuario, además el ingreso de valores del usuario utilizado el teclado.

4.1.4 Resultados de las pruebas del prototipo

Las pruebas del prototipo fueron exitosas, como se demuestran en las pruebas realizadas en el capítulo III.

Se logró un porcentaje de error menor al 2%, tanto para las mediciones realizadas con la balanza y el sensor ultrasónico HC-SR04.

Se encontró una pequeña particularidad del equipo; a menor peso, menor precisión, pasa lo mismo con la estatura, pero no es de gran importancia, por el motivo de que el equipo fue pensando para el uso de adolescentes y adultos, y hasta niños, donde el peso supera los 10kg y la altura supera los 100cm.

4.1.5 Resultados generales del sistema: Descripción, características y funciones

Para el desarrollo del proyecto de titulación, se consideró necesario exponer una descripción del prototipo a implementar, las características del mismo, y

las funciones que deberá cumplir. Permitiendo una mejor comprensión general del proyecto a desarrollar.

En la descripción general del equipo, se expone brevemente las partes fundamentales del equipo, como su soporte físico, el sistema de alimentación, la interfaz del usuario y el sistema de control. Donde se explica que el soporte físico estará diseñado de tal forma que pueda ser instalado en cualquier sitio donde las condiciones climáticas sean moderadas, y que también permita contener el sistema de control y el sistema de alimentación. Dentro de la descripción se menciona también al sistema de control y al sistema de alimentación. El sistema de control abarca todo lo referente al circuito de control, los elementos electrónicos y la función que cumplen los sensores de medición. El sistema de alimentación será el encargado de la generación, transferencia y almacenamiento de energía eléctrica para el equipo. Finalmente se expone brevemente el funcionamiento del equipo desarrollado.

Conocer las características del equipo fue de suma importancia para el desarrollo del proyecto, se tuvo como resultado una mejor comprensión de los elementos que se iban a utilizar, para así lograr el correcto funcionamiento.

Definir las funciones del equipo, tuvo como resultado la verificación del correcto funcionamiento, esto se logró de la siguiente manera:

Para la correcta medición del peso de la persona se utilizó una balanza constituida por 4 sensores, y mediante la calibración previa, se obtuvo como resultado un porcentaje de error menor al 2%.

Para la medición de la estatura de la persona, se diseñó una caja en donde se colocaría los 4 sensores ultrasónicos, dicha caja se la ubica perpendicular a la balanza. Así se lograría que los sensores detecten toda la superficie de la cabeza de la persona y lograr una correcta medición de su estatura.

Para el cálculo del índice de masa corporal y grasa corporal se utilizan 2 ecuaciones dentro de la programación y dichas ecuaciones están relacionadas directamente con los valores medidos y los valores ingresados por el usuario.

La visualización de los indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo se logró con un Display LCD 16x4.

La detección de presencia se logró mediante la programación de la balanza, en donde se establece que, si se detecta peso, el sistema comenzaría con las mediciones respectivas.

4.2 Discusión de resultados

Según las pruebas realizadas y expuestas en el capítulo III, se pretende generar una discusión, en donde se analizará las características y funciones del equipo desarrollado e implementado, así como también el cumplimiento de los objetivos planteados, la solución del problema, la comprobación de la hipótesis y el análisis de la metodología utilizada.

4.2.1 Análisis de las características y funciones del equipo

Al finalizar el desarrollo y la implementación del proyecto de titulación, que tuvo como objetivo la medición rápida y precisa de los indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo, se analizará las características y funciones expuestas en el capítulo III, las cuales se analizarán en breve. Comenzando con las características del equipo:

- En el sistema de control se utilizó un microcontrolador Arduino Mega2560, el cual posee 56 patillas de entrada/salida digitales (14 de ellos pueden ser utilizados para PWM) y 16 patillas de entrada analógica, con una frecuencia de operación de 16MHz, cuyo rendimiento es óptimo y que además no ha dado ningún tipo de problema hasta el momento. Se lo escogió por ser un elemento de bajo costo y alta fiabilidad, y además que su entorno de programación y el lenguaje que utiliza es de un nivel de comprensión intermedio.
- Los sensores utilizados son de tipo digitales y analógicos. El sensor ultrasónico es de tipo digital, se comunica con el microcontrolador de forma serial y además presenta una falta resolución en su detección de distancia. La balanza consta de 4 sensores de peso, los cuales son de tipo analógicos, y que presentan una buena precisión, siempre y

cuando sean ubicado de forma correcta y su calibración sea lo más real posible.

- Para la interfaz con el usuario se utilizó un display LCD 16x4 y un teclado matricial 4x4. Estos elementos fueron escogidos por su bajo costo, su óptimo rendimiento y durabilidad.
- El diseño y la selección de los materiales para el soporte físico, fue analizado de tal forma que permita una alta durabilidad del equipo y una protección correcta protección de los elementos electrónicos.
- Para la generación de energía y el respectivo almacenamiento y transferencia hacia las cargas (sistema de control), se analizó los diferentes sistemas fotovoltaicos y se seleccionó el más adecuado para el equipo. Los elementos que lo conforman fueron seleccionados según los requerimientos del equipo.

Analizando las funciones planteadas se puede constatar que:

- Se logró una buena precisión en las mediciones realizadas por la balanza y los sensores ultrasónicos, mediante el correcto posicionamiento de los sensores en el soporte físico del equipo, así como también de su calibración previa y las pruebas experimentales.
- El cálculo del índice de masa corporal y grasa corporal es directamente proporcional a los valores medidos por los sensores, por ende, se logró el correcto cálculo de dichos valores por la buena precisión de valores obtenidos por los sensores.
- La interacción hombre-máquina se logró mediante la utilización de elementos de bajo costo y fácil manejo. Elementos como un Display LCD 16x4 y un teclado matricial 4x4.
- Para la detección de presencia solo se necesitó declara una sentencia dentro del programa que permita detectar si una persona se encuentra en la balanza o si la ha dejado. Esto ayudo mucho, ya que no se necesitó de otro elemento para lograr la detección de una persona sobre la balanza.

4.2.2 Cumplimiento de los objetivos

En esta sección se detallará el cumplimiento del objetivo general, y los objetivos específicos.

4.2.2.1 Cumplimiento del objetivo general

El objetivo general se cumplió correctamente, ya que se desarrolló un equipo basado en microcontroladores, en donde se utilizó el microcontrolador Arduino Mega2560, se logró la medición correcta de los indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo, mediante la utilización de sensores específicamente para obtener dichos valores, y mediante un sistema fotovoltaico implementado se logró la generación, almacenamiento y distribución de la energía eléctrica hacia el equipo.

4.2.2.2 Cumplimiento de los objetivos específicos

Los objetivos específicos planteados fueron totalmente realizados y cumplidos con éxito. Se diseñó e implementó un soporte físico capaz de alojar y brindar seguridad al sistema de control y al sistema de alimentación, así como también tener una alta resistencia a las condiciones climáticas moderadas.

Mediante una correcta programación y calibración de los sensores se logró que los indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo fueran medidos y calculados de forma precisa.

Y finalmente, se constató el correcto funcionamiento del equipo con la realización de pruebas, las cuales dieron como resultado que el equipo posee porcentajes de error de precisión menores al 2%.

4.2.3 Análisis de la metodología

Los objetivos que fueron planteados y analizados, se lograron mediante el seguimiento de la metodología expuesta en el capítulo I.

La investigación de tipo aplicada permitió la realización de un diseño y la implementación del mismo, con el objetivo de lograr una posible solución al problema de obesidad, ya que permitirá que las personas tengan

conocimiento de su estado nutricional de forma rápida y precisa, para que luego tomen las medidas necesarias para mejorar su salud.

Además, tiene un enfoque cuantitativo, ya que mediante el uso de sensores, se puede estimar mediante mediciones numéricas el estado nutricional de cada persona.

El uso de métodos bibliográficos y experimentales tales como pruebas de los sensores y pruebas del cálculo de IMC y grasa corporal, permitieron obtener información necesaria para el desarrollo del proyecto, y mediante las pruebas del prototipo se logró constatar el correcto funcionamiento.

4.2.4 Análisis de la hipótesis de la investigación

Durante el desarrollo del equipo de medición del estado nutricional en humanos se utilizó elementos electrónicos de bajo costo y de buena fiabilidad. El diseño e implementación del mismo, permitió realizar pruebas experimentales del equipo donde se comprobó en el capítulo III, que la obtención de los valores como peso, estatura, índice de masa corporal y grasa corporal cumplieron con un porcentaje de error menor al 2%. De esta manera, se lo verificó como verdadera a la hipótesis planteada.

4.2.5 Análisis de la solución del problema de investigación

Con el desarrollo del presente proyecto de titulación, se logró solucionar el problema planteado, ya que a través del diseño e construcción del equipo, el adecuado posicionamiento de los sensores y la correcta programación del sistema de control, se logró obtener los indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo de forma rápida y exacta, y que permitirá que el usuario tenga conocimiento de su estado actual nutricional, permitiéndole tomar medidas cautelares para evitar problemas futuros en su salud.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se expondrán las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron durante el desarrollo y finalización del presente proyecto de titulación, además se presentará la introducción de posibles trabajos futuros referentes al proyecto desarrollado.

Conclusiones

Con el desarrollo del presente proyecto, las pruebas del prototipo y el análisis de los resultados, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- El uso de sensores ultrasónicos cumplió con la obtención de la estatura de una persona con un porcentaje de error menor al 2%, en las pruebas realizadas en el capítulo III se evidencio que, si una persona tiene una estatura menor a 140cm, la precisión tiende decaer, y si la persona posee mayor estatura tiende a mejorar la precisión, esto sucede por 3 factores tales como: la forma de la cabeza, forma de peinado del cabello y estabilidad de la persona en la balanza.
- La balanza utilizada y la calibración de la misma, arrojó valores de peso con un porcentaje menor al 2%, las pruebas realizadas indicaron que, a menor peso de una persona, la precisión baja considerablemente, y a mayor peso la precisión mejora. Esto sucede ya que, al calibrar la balanza con la programación, se debe utilizar el máximo peso que soporta la balanza, por ende, los valores de peso menores a 10Kg tienden a tener menor precisión con respecto valores de peso más grandes.
- La obtención de los valores de índice de masa corporal y grasa corporal fueron realizadas con personas de diferentes pesos, estaturas, sexos y edades con un error inferior al 2%, por lo que se puede desarrollar equipos de mediana precisión partiendo de sensores de bajo costo para la determinación de valores antropomórficos. El IMC y grasa corporal son directamente proporcionales a los valores de peso y talla, por lo tanto, si llegase a existir una lectura errónea de los sensores, los valores de IMC y grasa corporal serian también erróneos.

- El uso del microcontrolador Arduino Mega2560 resulto adecuado para lograr el funcionamiento correcto del proyecto, ya que posee un gran número patillas digitales y analógicos, su entorno de programación es amigable y además se puede comunicar directamente con una computadora mediante puerto serie, lo cual facilita a la hora de realizar pruebas experimentales, ya que no se necesita de elementos externos para esta comunicación, además se puede encontrar mucha información como librerías que pueden ser usadas a la hora de programar.
- Mediante el uso de sensores de fácil adquisición y bajo costo se puede lograr el desarrollo de proyectos en el área de la medicina, y estos sensores pueden llegar a tener un nivel de precisión casi igual a los dispositivos electrónicos que se encuentran en el mercado.

Recomendaciones

El desarrollo del proyecto de titulación, con el respectivo análisis de los diseños presentados, sistemas del prototipo y el funcionamiento, se puede recomendar lo siguiente:

- La selección de los materiales adecuados es importante a la hora de embarcarse en un proyecto de implementación. Se tiene que tener en consideración las características de cada uno, sus funciones, y sus limitaciones, para no hacer gastos innecesarios durante el desarrollo del proyecto.
- A la hora de diseñar partes mecánicas de proyectos aplicativos, se debe considerar las funciones que va a cumplir dicho proyecto o prototipo, para así evitar errores de fabricación que puedan dañar la estética o el funcionamiento correcto del equipo. Así como se analizó en el capítulo III.
- Se recomienda realizar pruebas de funcionamiento de cada elemento que se vaya a utilizar para el desarrollo de un prototipo. Esto permitirá comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de ellos y evitar problemas a futuro.

- Es importante corroborar que las conexiones eléctricas se encuentren en buen estado, para evitar falso contactos, o si existe alguna conexión errada en el sistema de alimentación, se puede evitar el daño o deterioro de los elementos electrónicos.
- Se recomienda que el lugar donde vaya a estar los elementos de control (circuitos eléctricos) sea un entorno seco, sin humedad, preferiblemente de algún material no metálico, amplio y que sea de fácil ingreso para realizar cambios o añadir más elementos.

Trabajo futuro

Con la finalización de este trabajo, habiendo cumplido con los objetivos planteados, el análisis del proyecto y comprobado el funcionamiento del equipo, se considera que este no es el fin de esta investigación, por ende, se considera como trabajo a futuro expandir la investigación, en cuanto a las funciones que puede realizar, como puede ser: la investigación de sensores que logren la medición de más valores humanos como la presión cardiaca y un glucómetro no invasivo; y además el uso de tecnología inalámbrica y aplicaciones móviles, con el fin de generar una base de datos en una aplicación móvil y que el usuario pueda gestionar su estado de salud de forma rápida y fácil.

BIBLIOGRAFÍA

- Acesco. (2017). *Ficha técnica acero galvanizado*. Malambo, Colombia.
- Bellón Morales, J. (2016). *Implementación y estudio de la viabilidad de un glucómetro no invasivo*. Valencia.
- Caceres Nina, Y. E. (2017). *Propuesta de renovación del sistema de captación de agua subterránea en el distrito de Chala, usando la energía solar fotovoltaica provincia de Caraverlí, departamento de Arequipa*. Arequipa.
- Cachipueno Cacuango, C. J. (2017). *Telediagnóstico nutricional para los pacientes del colegio de nutricionistas de la provincia de Imbabura*. Ibarra.
- Casanova Blancas, U. (2014). *Sistema de diagnóstico aplicado a la detección de la apnea obstructiva del sueño mediante poligrafía*. Gran Canaria.
- Chacón Becerra, J. P., & Tigse Lara, A. G. (2017). *Automatización de los procesos de un huerto hidropónico para el control de variables, utilizando sistemas basados en microcontroladores*. Guayaquil.
- Cilio Atiaga, D. A., & Herrera Silva, K. V. (2013). *Monitorización de signos vitales mediante una red de dispositivos móviles*. Sangolquí.
- Del Toro Álvarez, O. A. (2016). *Desarrollo de instrumentos digitales para registro de peso y talla*. Colima.
- Fernández González, R. A., Gallegos Estrada, L. M., & Montiel, E. J. (2015). *Sistema integral de introducción a la activación física, basado en la obtención del índice de masa corporal (IMC)*. México DF.
- FLASO. (2017). *II Consenso Latinoamericano De Obesidad 2017*.
- González Vidal, J. C. (2013). *Desarrollo de un servidor web con Arduino para monitorización y control de sensores y actuadores*. Cartagena.

- Hernandez Rojas, S., Lupercio Ramirez, J. P., Ramon Rodriguez, C. A., & Armijos Cabrera, N. (2008). *Diseño y construcción de un sistema automático de pesaje y control estadístico mediante básculas electrónicas inteligentes*. Loja.
- ITEAD. (s.f). *Principle and Usage of HX711 Weighing Sensor Module*. Recuperado el Agosto de 2018, de ITEAD: ftp://imall.iteadstudio.com/Sensor/IM131029002/Principle_and_Usage_of_HX711_Weighing_Sensor_Module.pdf
- Jarrín, C., & Carvajal, G. (2015). *Diseño e implementación de un sistema modular didáctico para control de nivel, caudal y presión para el laboratorio de automatización mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas*. Sangolquí.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2013). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2011-2013*. Quito, Ecuador.
- Moreno G, M. (2012). *Definición y Clasificación de la Obesidad*. Chile.
- Oliva Chávez, O. H., & Fragoso Díaz, S. (2013). *Consumo de comida rápida y obesidad, el poder de la buena alimentación en la salud*. Guadalajara, México.
- Organización Mundial de la Salud. (16 de Febrero de 2018). Recuperado el 14 de Julio de 2018, de OMS: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *La OMS recomienda aplicar medidas en todo el mundo para reducir el consumo de bebidas azucaradas y sus consecuencias para la salud*. Obtenido de <http://www.who.int/es/news-room/11-10-2016-who-urges-global-action-to-curtail-consumption-and-health-impacts-of-sugary-drinks>
- Orrala Paladines, J., & Bajaña Martillo, A. E. (2015). *Diseño, desarrollo e implementación de un sistema integrado de telediagnóstico orientado a servicios de atención ambulatoria, para monitorear y controlar signos vitales en tiempo real y alojarlos en un servidor web*. Guayaquil.

- Robayo, F. I., Neira, J. A., & Vásquez, M. A. (2015). *Aplicación móvil Android para monitoreo y registro del estado nutricional humano implementada en plataforma de hardware libre*. Neiva, Colombia.
- Rodríguez Calvo, E. F. (2018). *Diseño y construcción de un laboratorio portátil básico de física médica para primeros auxilios*. Bogotá.
- Romero, J. (2015). *Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador*. Barcelona.
- Solace Labs. (2015). *Sensor de proximidad Ultrasónico*. Guadalupe, México.
- Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. Lima.
- Zambrano Mora, A. J. (2018). *Diseño e implementación de un prototipo electrónico para pesar niños menores de 2 años basado en Arduino*. Guayaquil.

ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE DATOS HX711.



HX711

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation $< 1.5\text{mA}$, power down $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range: $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

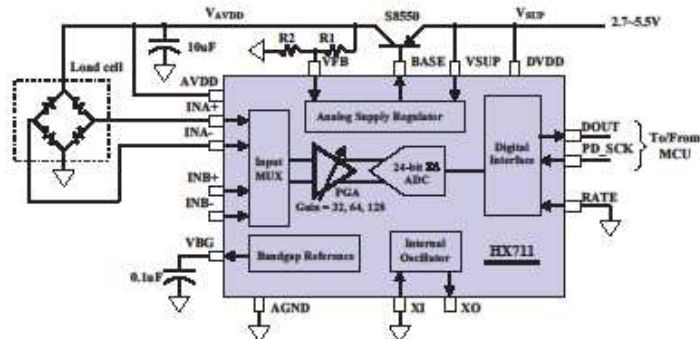
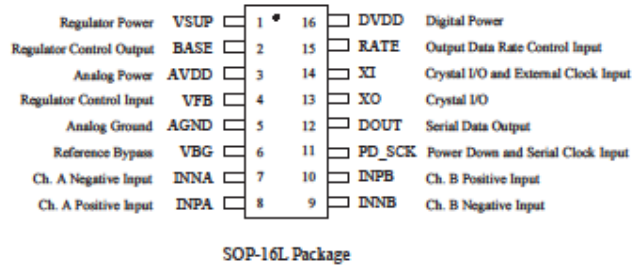


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

TEL: (592) 252-9530 (P. R. China)
EMAIL: market@aviac.com

AVIA SEMICONDUCTOR

Pin Description


Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)	$\pm 0.5(AVDD/GAIN)$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0	10			Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD	80			
	Crystal or external clock, RATE = 0	$f_{clk}/1,105,920$			
	Crystal or external clock, RATE = DVDD	$f_{clk}/138,240$			
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFF	HEX
Output settling time ⁽¹⁾	RATE = 0	400			ms
	RATE = DVDD	50			
Input offset drift	Gain = 128	0.2			mV
	Gain = 64	0.4			
Input noise	Gain = 128, RATE = 0	50			nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD	90			
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)	±6			nV/°C
	Gain (Gain = 128)	±5			ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0	100			dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0	100			dB
Reference bypass (V _{REF})		1.25			V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal	1400			μA
	Power down	0.3			
Digital supply current	Normal	100			μA
	Power down	0.2			

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is $\pm 80\text{mV}$, when 5V supply is used at the AVDD pin.

Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to $V_{\text{AVDD}} = V_{\text{BG}} \cdot (R1+R2) / R1$ (Fig. 1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1uF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24 bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

Serial Interface

Pin PD_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25-27 positive clock pulses at the PD_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25th pulse at PD_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection is controlled by the number of the input PD_SCK pulses (Table 3). PD_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

Table 3 Input Channel and Gain Selection

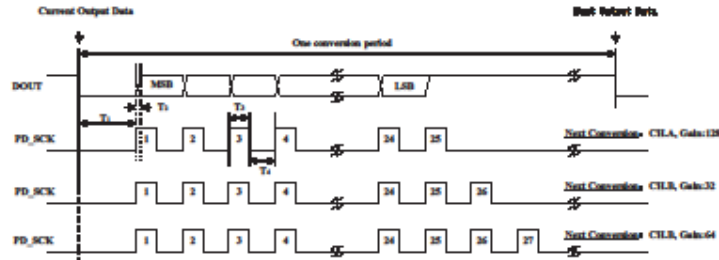


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T ₁	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T ₂	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T ₃	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T ₄	PD_SCK low time	0.2	1		μs

Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on reset circuitry will reset the chip.

Pin PD_SCK input is used to power down the HX711. When PD_SCK Input is low, chip is in normal working mode.

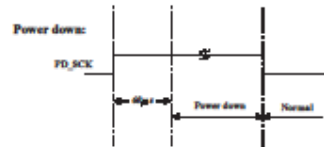


Fig.3 Power down control

When PD_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be

powered down. When PD_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.

Reference PCB Board (Single Layer)

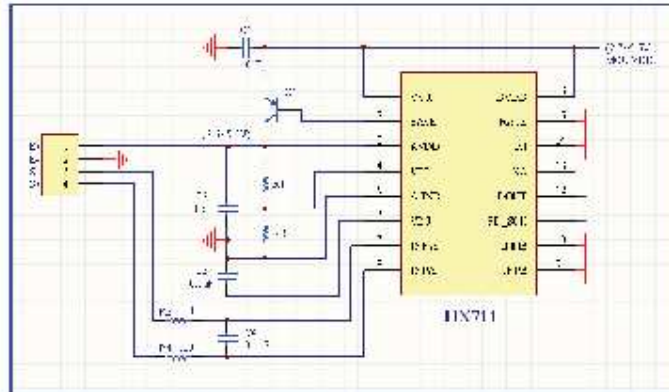


Fig.4 Reference PCB board schematic

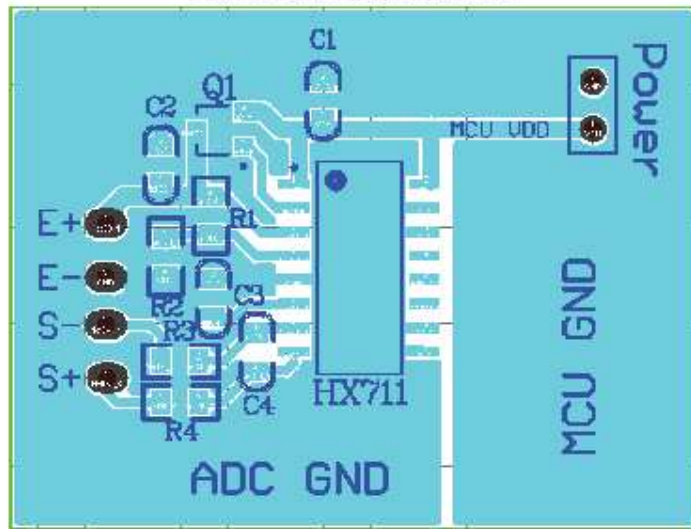


Fig.5 Reference PCB board layout

Reference Driver (Assembly)

```

/*
Call from ASM:      LCALL  ReadAD
Call from C:       extern unsigned long ReadAD(void);
                   :
                   unsigned long data;
                   data=ReadAD();
                   :
*/

PUBLIC      ReadAD
HX711ROM   segment code
rseg      HX711ROM

sbit      ADD0 = P1.5;
sbit      ADCK = P0.0;
/*
OUT:      R4, R5, R6, R7  R7=>LSB
*/

ReadAD:
  CLR  ADCK      //AD Enable (PD_SCK set low)
  SETB ADD0      //Enable 51CPU I/O
  JB  ADD0,$     //AD conversion completed?
  MOV  R4,#24

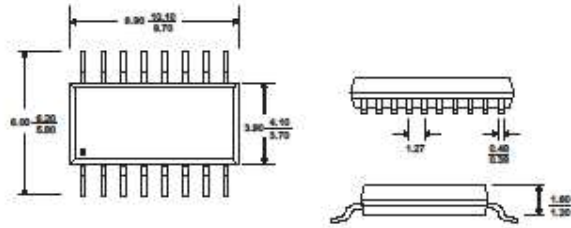
ShiftOut:
  SETB ADCK      //PD_SCK set high (positive pulse)
  NOP
  CLR  ADCK      //PD_SCK set low
  MOV  C,ADD0    //read on bit
  XCH  A,R7      //move data
  RLC  A
  XCH  A,R7
  XCH  A,R6
  RLC  A
  XCH  A,R6
  XCH  A,R5
  RLC  A
  XCH  A,R5
  RLC  A
  XCH  A,R5
  DJNZ R4,ShiftOut //moved 24BIT?
  SETB ADCK
  NOP
  CLR  ADCK
  RET
END

```

Reference Driver (C)

```
//-----  
sbit ADD0 = P1^5;  
sbit ADSE = P0^0;  
unsigned long ReadCount(void) {  
    unsigned long Count;  
    unsigned char i;  
    ADD0=1;  
    ADSE=0;  
    Count=0;  
    while(ADD0);  
    for (i=0;i<24;i++){  
        ADSE=1;  
        Count=Count<<1;  
        ADSE=0;  
        if(ADD0) Count++;  
    }  
    ADSE=1;  
    Count=Count^0x800000;  
    ADSE=0;  
    return(Count);  
}
```

Package Dimensions



Typ $\frac{\text{MAX}}{\text{MIN}}$ Unit: mm

SOP-16L Package

ANEXO B. HOJA DE DATOS HC-SR04.



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The module includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

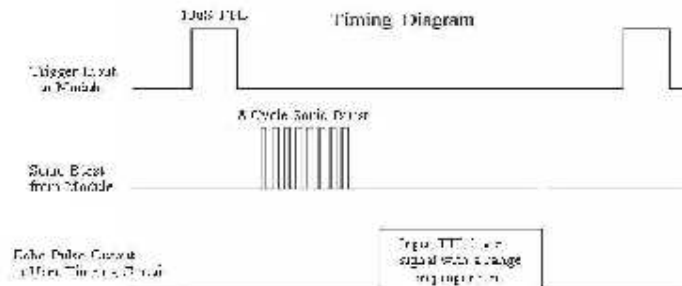
Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 μ s pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



Attention:

- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise ,it will affect the results of measuring.

www.ElecFreaks.com



ANEXO C. HOJA DE DATOS ARDUINO MEGA2560.



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



radiospares

RADIONICS



Technical Specification

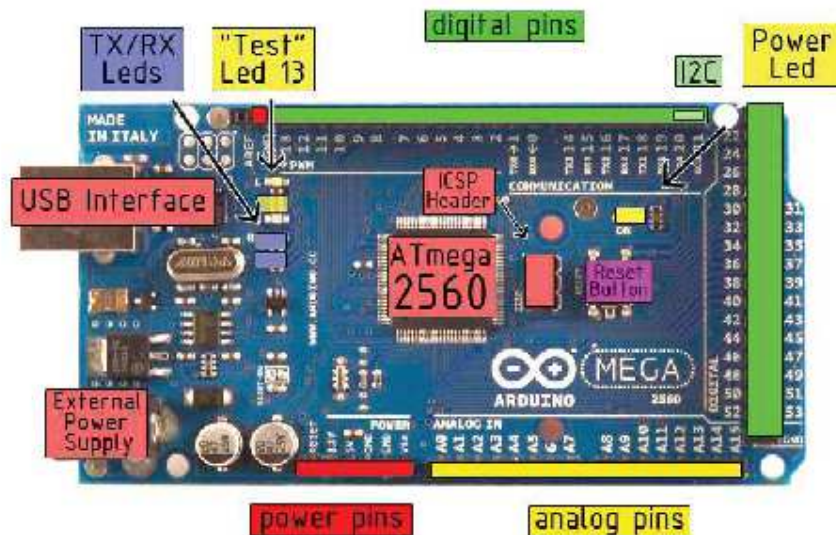


EAGLE files: [_arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (Interrupt 0), 3 (Interrupt 1), 18 (Interrupt 5), 19 (Interrupt 4), 20 (Interrupt 3), and 21 (Interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



radiospares

RADIONICS



Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

Programming

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.



RADIOSPARES RADIONICS



Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega is designed to be compatible with most shields designed for the Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega and Duemilanove / Diecimila. Please note that I²C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).



radiospares

RADIONICS



How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

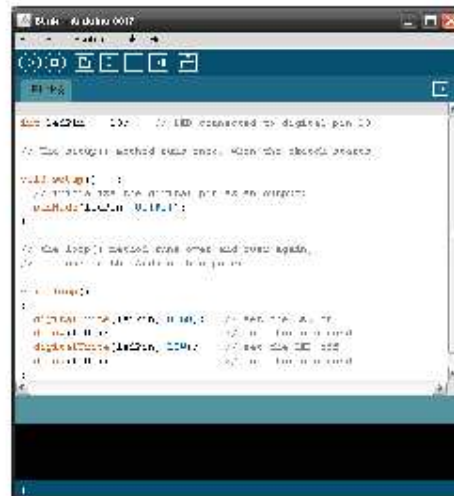
Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select MEGA

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.



Done compiling
Press Compile button (to check for errors)

Upload

TX RX Flashing

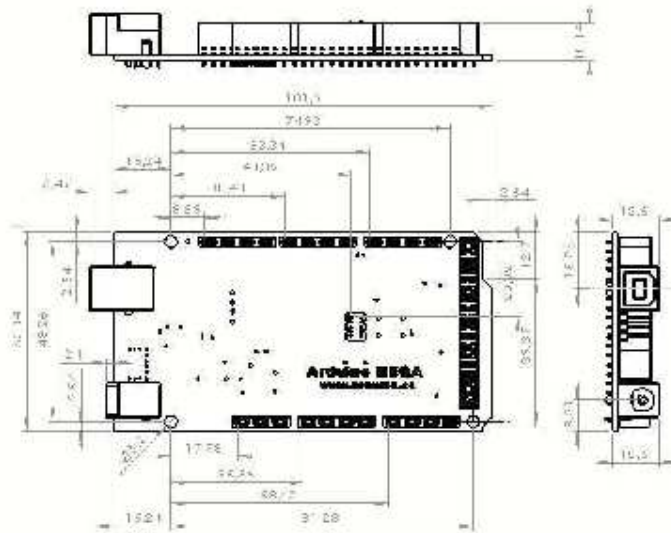
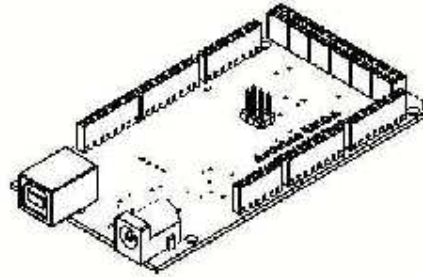
Blinking Led



radiospares

RADIONICS





radiospares

RADIONICS



Terms & Conditions



1. Warranty

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



radiospares

RADIONICS



ANEXO D. MANUAL CMP12 SOLAR CHARGE CONTROLLER.



CMP12 Solar Charge Controller

10 AMP 12V/24V auto switch

PHOTOVOLTAIC CHARGE CONTROLLER

INSTALLATION AND OPERATION MANUAL



Koneze Industrial Co., Ltd

2007-11-1

IMPORTANT SAFETY INSTRUCTION

Connect the controller to your battery first and then connect solar panel and inverter or applications.

Function:

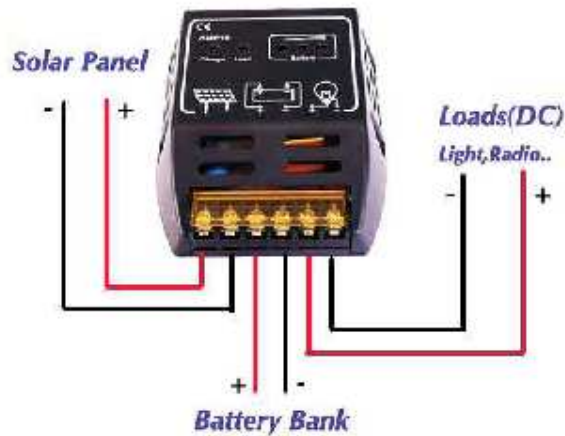
According to the voltage of battery, controller will adjust the charging current and decide if to supply power to the loads.

1. Generally keep the battery on full voltage condition.
2. Prevent the battery from over-charging.
3. Prevent the battery from over-discharging.
4. Prevent the battery from supplying power to solar panels during nights.

Connection:

As indicated in diagram:

1. Connect "+" and "-" poles of solar panels with the correct ports on the controller (the first and second from the left).
2. Connect "+" and "-" poles of battery with the correct ports on the controller (the third and fourth from the left).
3. Connect "+" and "-" poles of load with the correct ports on the controller (the fifth and sixth from the left).



Indicator light:

1. There are 3 red LEDs indicating the voltage level of battery. The battery is full when all 3 LEDs are lighting. When 1 or 2 LEDs are lighting, it means the battery is on the low level, where the loads may not working properly. As the voltage of battery reaches 12.6, the loads will automatically resume working.
2. The battery is being strongly charged when the "Charge LED" is lighting. The battery is floatingly charged when this LED is flickering, and the battery has stopped charging when the LED is off.
3. The "Load LED" indicates the working condition of loads. When it lights, it means the load may work; when it's off, it means the load may not work.

Notice:

1. Please check the rated voltage of solar panels, battery, and load before connecting. Their rated voltage should be same (12v).
2. Pay more attention to "+" and "-" poles of solar panels, battery, controller and

loads during the process of connection.

3.The rated current of solar panels and loads must be less than the one of controller.

Data Sheet

- Model: CMP12
- Rated Voltage: DC12V/24V
- Max Current: 10A
- Full Charge Cut: 13.7V/27.4V
- Low Voltage Cut: 10.5V/21V
- Temp compensation: -3mv/°C/cell
- Zero Load Losses: ≤20mA
- Min Wire Size: ≤20mA
- Min Wire Size: 2.5mm²
- Voltage Drop: <210mv
- Working temperature: -10~60 degrees C;
- Storage temperature: -30~70 degrees C;
- Dimension: 95*102*36mm;
- Weight: 0.14KG.

KONEZE INDUSTRIAL CO.,LTD

Flat C, 15th Floor, Unionway Commercial Centre, 283 Queen's Road, Central, HongKong

Tel: 00852-81355373 Fax: 00852-81355376 www.koneze.com



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ponce Játiva, Jorge Eduardo**, con C.C: **#0919383455** autor/a del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de un equipo basado en microcontroladores y energía solar para determinar el índice de masa corporal en humanos**, previo a la obtención del título de **ingeniero electrónico en control y automatismo** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **18 de septiembre de 2018**

f. _____

Nombre: **Ponce Játiva, Jorge Eduardo**

C.C: **0919383455**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño e implementación de un equipo basado en microcontroladores y energía solar para determinar el índice de masa corporal en humanos.		
AUTOR(ES)	Ponce Játiva, Jorge Eduardo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente, Mgs.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Carrera de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	18 de septiembre de 2018	No. DE PÁGINAS:	125
ÁREAS TEMÁTICAS:	Nutrición, Electrónica, Sistemas Fotovoltaicos.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Equipo de IMC, Medición de Indicadores Antropométricos, Arduino IMC, Estado Nutricional, Microcontroladores, Nutrición.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente proyecto de titulación está orientado a la obtención de indicadores antropométricos humanos para el diagnóstico nutricional de un individuo, para ello, se desarrolló un sistema, basado en microcontroladores y sensores, que fuera capaz de medir de forma correcta, precisa y rápida los valores como peso y estatura de una persona, para luego calcular el índice de masa corporal y grasa corporal, y para finalmente mostrarlo en una pantalla LCD, además el proyecto usará energía fotovoltaica para su alimentación, por lo que no necesitaría estar conectado a la red pública. Para el desarrollo del proyecto se tuvo que diseñar un soporte físico donde se alojarían todos los subsistemas del equipo, y lograr el correcto funcionamiento del equipo. Se utilizó metodologías experimentales y bibliográficas, lo cual permitió el análisis de diferentes artículos científicos referentes al tema propuesto y además a la comprensión de las características de los elementos a utilizar. Al finalizar la investigación, se evidencia el correcto funcionamiento del equipo, el cual posee un porcentaje de error de mediciones de peso y estatura menor al 2%, cumpliendo la hipótesis planteada. Finalmente, el proyecto pretende generar conciencia en las personas sobre el tema de la obesidad. Los valores de índice de masa corporal y grasa corporal fueron realizados con personas de diferentes pesos, estaturas, sexos y edades con un error inferior al 2%, por lo que se puede desarrollar equipos de mediana precisión partiendo de sensores de bajo costo para la determinación de valores antropométricos.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593990335118	E-mail: ponce_jorg@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente, Mgs.		
	Teléfono: +593985086815		
	E-mail: eduardo.mendoza01@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			