

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN
COORDINACIÓN DE PROGRAMAS**

Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas

INFORME FINAL

**Evaluación de un medidor electrónico
antropométrico básico para niños mayores a 6 años
que automatice la lectura y registro de datos**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA -CII-
Facultad de Ingeniería USAC**

Equipo de Investigación

**Diego Alejandro Arriola Ciraiz
Rodrigo José Samayoa Cordón
Carlos Andrés Pérez Noriega**

**Auxiliar de Investigación II
Auxiliar de Investigación II
Colaborador**

Coordinadora de proyecto

Inga. Pamela Ulianova Vega Morales

Guatemala, Enero 2014

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica:

Erick Fernando Yos Magzul
Edsson Steffen Tillit Ozaeta
Erwin José Choquin Sales

Por su valioso aporte no sólo profesional, sino humano en el desarrollo de etapas importantes dentro del proyecto de investigación.

A la empresa Quisertec S.A. por su valioso apoyo en la elaboración de los accesorios para la estructura del medidor, en especial a:

Sr. Edgar Guzmán
Jefe de Taller de la empresa

Ing. Juan José Poncio
Asesor de ventas de la división industrial

Licda. Alicia Chávez
Gerente comercial

Por el compromiso social adquirido para con el equipo de investigación y su oportuna asesoría en la construcción de los diferentes accesorios.

A las instituciones que permitieron la realización de las pruebas del equipo de medición y por su valioso aporte en la recaudación de información para el diseño del mismo.

Clínica del niño sano

Fundación pediátrica

Secretaría de seguridad alimentaria y nutricional SESAN
Licda. Maybeli Hernández
Nutricionista

AGRADECIMIENTO ESPECIAL POR SU INCONDICIONAL APOYO Y ASESORIA EN EL DISEÑO DEL PROTOTIPO

Mi incansable hermano

Francisco Vega Morales

INDICE GENERAL

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	4
Justificación	5
Objetivos	6
Hipótesis de investigación	7
Metodología	8
Principales problemas detectados	12
Presentación de resultados	19
Discusión de resultados	56
Conclusiones	63
Recomendaciones	65
Bibliografía	66
Anexos	68

INDICE DE ILUSTRACIONES, TABLAS Y GRÁFICOS

IMAGEN No. 1	
Lectura cinta métrica y balanza analógica	15
IMAGEN No. 2	
Escritura recomendada por la OMS	16
IMAGEN No. 3	
Equipo de medición sugerido	18
IMAGEN No. 4	
Base con el brazo telescópico desplegado	22
IMAGEN No. 5	
Bandeja para tallar niños menores a 2 años	23
IMAGEN NO.6	
Aparato totalmente retraído	23
IMAGEN No. 7	
Modelo digitalizado de la estructura	24
IMAGEN No. 8	
Brazo extensible de aluminio	25
IMAGEN No. 9	
Brazo extensible con tope para medir al niño de pie	25
IMAGEN No. 10	
Bandeja de policarbonato con soportes para pies y cabeza	26
IMAGEN No. 11	
Bandeja para apoyar los pies del niño	26

IMAGEN No.12	
Bandeja para apoyar la cabeza del niño	27
IMAGEN No. 13	
Estructura del equipo terminada	
IMAGEN No. 14	
Modelo en placa de las conexiones del adaptador de voltaje	31
IMAGEN No. 15	
Diseño de circuito de carga de la batería	32
IMAGEN No.16	
Diseño del circuito medidor de carga de batería	34
IMAGEN No. 17	
Prueba de circuito medidor de la carga de la batería	35
IMAGEN No. 18	
Prueba para activar el primer nivel de medición	36
IMAGEN No. 19	
Prueba para activar el segundo nivel de medición	36
IMAGEN No. 20	
Segunda prueba para activar el segundo nivel de medición	37
IMAGEN No. 21	
Tercera prueba para activar el segundo nivel de medición	37
IMAGEN No. 22	
Diseño de placa para el pic	38
IMAGEN No. 23	
Plataforma con celda de carga Mettler Toledo	39
IMAGEN NO.24	
Circuito interno celda de carga Mettler Toledo	39
IMAGEN No. 25	
Diagrama de conexión INA 128	40
IMAGEN No. 26	
Conexión del circuito integrado INA 128	41
IMAGEN No. 27	
Diagrama de la conexión del circuito OPA2277	42
IMAGEN No. 28	
Conexión del circuito integrado OPA2277	43
IMAGEN No. 29	
Diagrama de conexión del INA122	44
IMAGEN No. 30	
Conexión del circuito integrado OPA2277	45
IMAGEN No. 31	
Diseño de placa para INA128	46
IMAGEN No. 32	
Diseño de placa para OPA2277	47

IMAGEN No.33	
Diseño de placa para INA122	48
IMAGEN No. 34	
Sensor de ultrasonido prueba con Easy Pic	51
IMAGEN No. 35	
Procesamiento de logos de DIGI y CII	51
IMAGEN No. 36	
Despliegue de datos de peso y talla en GLCD	52
IMAGEN No. 37	
Fragmento de código de programación	54
IMAGEN No. 38	
Circuito final de alimentación	58



RESUMEN

Fue posible facilitar y agilizar la tarea que implica medir el peso y la talla de niños desde los tres meses hasta los siete años de edad, por medio del aparato construido por el equipo de investigación, un prototipo que permite el almacenamiento y despliegue de los datos medidos en el instante, y disponer de ellos para su posterior análisis mediante su descarga de una memoria SD con capacidad de 4G hacia una pc y ser trasladados a una hoja de cálculo en Excel.

La estructura fue elaborada en materiales de aluminio y policarbonato, se empleó un sensor ultrasónico para la medición de talla y una celda de carga para la medición del peso. Los datos se despliegan en una pantalla GLCD y cuando se procede a la medición de un niño, en la misma se solicita el ingreso de un código que permite identificar al niño que se mide, luego se solicita el ingreso de datos como la edad y el sexo, que se hacen a través del teclado incorporado en el aparato. Para almacenar los datos se oprime el botón de guardar, en el caso que la medición no se haya realizado de forma correcta por factores ajenos al aparato, es posible borrar la medición y registrar una nueva.

El indicador se diseñó en forma de un hipopótamo para darle una visión infantil al aparato, permitiendo que el niño se interese por ser medido.

El prototipo construido mide estadísticamente igual que los equipos diseñados para el mismo fin por separado. También ha logrado reducir en más del 50% el tiempo que toma normalmente medir la estatura o longitud, y peso del niño.

Palabras claves: antropometría, medidor electrónico de peso y talla, registro automático de peso y talla



INTRODUCCIÓN

El cuidado que se preste en la determinación del peso y la talla permitirá obtener medidas de calidad para realizar diagnósticos correctos. Existe una serie de causas que influyen en una mala medición y estas pueden provenir del equipo antropométrico, el antropometrista, el o los auxiliares, y el mismo sujeto de medición (INS Instituto Nacional de Salud, 2004). El antropometrista, además de cuidar una serie de detalles en la aplicación de las técnicas antropométricas, es responsable de la lectura y registro de los datos. No leer adecuadamente los valores indicados en los instrumentos de medición, repercute en los resultados que servirán para orientar intervenciones educativas en salud, control y seguimiento oportuno.

El Instituto Nacional de Salud, del Perú (2004) en su Guía para el personal de la salud del primer nivel de atención, hace énfasis en el registro de los datos mediante una correcta escritura de los números y recomienda escribirlos según lo propone la Organización Mundial de la Salud, así como hacer buen uso de las cifras significativas. Otra causa de error en la medición, es el registro memorístico de peso y la talla para luego anotarlo (INE Instituto Nacional de Estadística , 2002)

El tiempo que se debe tomar durante la lectura y registro de datos variará según la experiencia del antropometrista, a su vez, el uso de dos equipos uno para tomar y peso y otro para la talla implica que el niño es sometido al mismo procedimiento para colocarlo en un postura correcta dos veces.



La construcción del equipo producto de esta investigación procura que se reduzca el tiempo que toma a los expertos medir a los niños, así como, registrar electrónicamente los datos evitando una mala lectura del instrumento y una mala escritura de los valores leídos por parte de los antropometristas o doctores a cargo de realizar las mediciones.



ANTECEDENTES

Un grupo de investigadores de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, desarrolló un sistema capaz de medir peso, talla, presión arterial e índice de masa corporal de forma autónoma, permitiendo conducir un diagnóstico acertado en los programas de crecimiento, desarrollo, prevención y control de la presión arterial en hospitales (Ardila Urueña, Gómez Cardona, & Wilson Marín, 2007).

Un medidor de peso y talla portátil desarrollado en Perú, despliega los valores en una pantalla incorporada en el medidor y permite el almacenamiento de los datos en una USB, además de poseer un diseño compacto y atractivo (Castañeda Aphan, Díaz Rojas, & Huaróc Moquillaza, 2011). La versatilidad en el uso de componentes electrónicos para la construcción de una balanza realizada en la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, permite la visualizar el peso y enviar los datos por comunicación serial, además emplea como sensor una celda de carga (Otero Valladares, 2007).



JUSTIFICACIÓN

Porque la aplicación de los conocimientos de la electrónica permitirán la creación de un medidor capaz de mejorar procesos, simplificando las tareas de lectura y registro datos que realizan los antropometristas, y como valor agregado es posible reducir errores en los mismos procedimientos.

Porque los resultados de la investigación pueden dar paso a otras investigaciones orientadas a su mejora, en cuanto a eficiencia, incluso adaptarle otros dispositivos de medición antropométrica como por ejemplo un medidor de circunferencia cefálica.

Porque es de interés social buscar formas que lleven a minimizar errores en las mediciones antropométricas de los niños menores de 5 años que les garantice una adecuada evaluación nutricional.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar un medidor electrónico antropométrico básico para niños mayores de 6 años que automatice la lectura y registro de datos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Automatizar la lectura y registro de datos.
2. Implementar un circuito electrónico que permita medir de forma simultánea el peso y la talla en niños desde un mes a siete años de edad.
3. Construir un equipo portátil ajustable que permita realizar mediciones de peso y talla en forma horizontal (niños menores de 2 años) y en forma vertical (niños desde 2 a 7 años)



HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Para el siguiente proyecto de investigación se definieron las siguientes hipótesis de investigación.

Se plantearon 2 hipótesis de investigación

1. Las mediciones de peso y talla tomadas con el aparato construido NO difieren significativamente de las medidas registradas con los aparatos convencionales

2. La medición de peso y talla en el mismo aparato REDUCE significativamente el TIEMPO que tomó realizar el proceso de pesar y tallar.



METODOLOGÍA

Metodología para la comprobación de hipótesis

Por medio de estadística descriptiva, analizará la distribución de los datos de peso, talla y tiempo que se obtengan, y el coeficiente de variación permitirá observar que tan dispersos se encuentran los valores. Se compararán las medias de los conjuntos de datos para el peso y la talla; además se compararán las medias del tiempo que toma realizar las mediciones con el equipo convencional y el medidor electrónico.

Se realizará la comparación de las varianzas mediante la prueba F a dos colas, la cual permite establecer si las varianzas son estadísticamente iguales o no dependiendo si el cociente entre la varianza de la población 1 y la varianza de la población 2, es menor o mayor a 3 respectivamente. Dependiendo del resultado anterior, se empleará una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales, o bien una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.

Metodología para el diseño del prototipo

En el proceso de diseño se contempla por medio de recopilación bibliográfica y visitas a instituciones las dificultades dentro del proceso de medición, lo concerniente a la parte electrónica y de la estructura final del equipo.



Metodología por fases

Fase I: Dificultades que se presentan durante la lectura y registro del peso y la talla en niños

Actividades:

- Recopilación de información teórica
- Considerar la opinión de expertos antropometristas sobre las dificultades de la lectura y registro de peso y talla
- Ubicar el sitio de visita técnica, dentro del departamento de Guatemala y programar la misma con el objetivo de observar el procedimiento empleado en la medición de peso y talla en niños mayores de 6 años.
- Recopilación de información durante la visita para la identificación de errores en la toma de lecturas y registro de datos.



Fase II: Diseño y construcción del medidor de peso

Objetivo: Minimizar errores en la lectura y registro del peso y la talla en niños

Actividades:

- Selección de tipo de sensor (celda de carga) según sus especificaciones técnicas.
- Identificación y selección del micro-controlador óptimo para procesar los datos provenientes de la celda de carga.
- Integración del sistema sensorial y de procesamiento, donde se contempla el diseño del circuito electrónico de control y de potencia, además de la programación del micro-controlador
- Construcción preliminar de la estructura que contendrá el sistema sensorial y de procesamiento
- Realización de prueba aislada del medidor de peso

Fase III: Diseño y construcción del medidor de talla

Objetivo: Minimizar errores en la lectura y registro del peso y la talla en niños

Actividades:

- Identificación y selección de tipo de sensor apropiado para la medición de talla.
- Identificación y selección del micro-controlador óptimo para procesar los datos provenientes del sensor elegido.
- Integración del sistema sensorial y de procesamiento, donde se contempla el diseño del circuito electrónico de control y de potencia, junto con la programación del micro-controlador.
- Construcción preliminar de la estructura que contendrá el sistema sensorial y de procesamiento
- Realización de pruebas aisladas para el medidor de talla



Fase IV: Almacenamiento y despliegue de la información

Objetivo: Minimizar errores en la lectura y registro del peso y la talla en niños y automatizar la lectura y registro de datos

Actividades:

- Unificación de circuitería y datos provenientes de ambos medidores
- Diseño y programación de la interfaz gráfica
- Diseño y construcción de estructura completa del medidor electrónico antropométrico

Fase V: Diseño de la prueba para la evaluación del medidor electrónico antropométrico

Objetivo: Minimizar errores en la lectura y registro del peso y la talla en niños y automatizar la lectura y registro de datos

Actividades:

- Selección de muestra (No. de niños mayores de 6 años) para realizar la medición de peso y talla de cada grupo de muestras.
- Planificación y realización de la prueba. La prueba se llevará a cabo conjuntamente con profesionales antropometristas.
- Análisis estadístico de los resultados



PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS DURANTE EL PROCESO DE MEDICIÓN

En el proceso de medición antropométrica pueden darse una serie de errores, y su origen está en múltiples causas. Para este proyecto de investigación se identificaron dos principales causas que dan origen al error, siendo la parte humana y la del equipo de medición.

Dentro de la medición de peso y talla en niños, los errores humanos comprenden el momento en el que se toma la medición y cuando son registrados y digitalizados los datos.



Esquema de errores detectados

Fuente: Elaboración del equipo de investigación



De quien toma la medición

Girón (2007) indica que las medidas antropométricas en infantes se emplean como indicadores del crecimiento físico y realizadas correctamente permiten identificar si el niño o la niña padecen de desnutrición o están en riesgo de padecerla. Es la antropometría, la ciencia que evalúa y estudia las medidas del tamaño, peso y proporciones corporales, y constituye la base para evaluar el estado nutricional de los individuos y poblaciones en general (Girón, 2007).

Las mediciones de peso y talla son importantes debido a que permiten identificar niños que pudieran tener anomalías en el crecimiento, ayudan a determinar patrones de crecimiento en grupos de niños y evaluar los tratamientos para las anomalías en el crecimiento (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas)

La Unidad Técnica de Planificación Monitoreo y Evaluación del INCAP (2012), diseñó una guía técnica con el fin de proporcionar los lineamientos para la estandarización del procesamiento y análisis de indicadores antropométricos. Dentro de la misma, se hace referencia a la capacitación del recurso humano, donde se destaca el perfil del puesto de antropometrista:

- Formación académica de nivel medio
- Experiencia en estudios de investigación
- Habilidades matemáticas básicas
- Referencias de trabajo
- Habilidades con computadora
- Dominio de costumbres e idioma de la localidad y otros atributos para el desarrollo del trabajo.



Las actividades de capacitación y estandarización antropométrica, requieren de la utilización de manuales de operaciones diseñados, adoptados o bien que se hayan adaptado a las necesidades de la institución. La guía recomienda capacitaciones periódicas sugeridas por lo menos cada tres meses. Una persona que mide constantemente puede perder su nivel de estandarización y cometer errores sistemáticos¹.

Las guías recalcan la intervención de dos personas como mínimo para realizar la medición de peso y talla como parte de la técnica que se emplea. Una aplicación inadecuada de las técnicas antropométricas origina errores en la medición del niño, tal como: presionar la cabeza del niño con el tope móvil, levantar o bajar la quijada del niño con la mano, leer las medidas de talla o peso con el plano de lectura de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba; presionar inadecuadamente los tobillos y rodillas del niño haciendo que se incline, y al no ubicarlo adecuadamente sobre el tallímetro o infantómetro (INS Instituto Nacional de Salud, 2004).

El margen de error de un antropometrista, disminuye cuando es más experto. Por eso es indispensable y necesario que participe en actividades de estandarización antropométrica con el fin de mejorar sus habilidades y así evitar que el niño pierda la oportunidad de tener una evaluación de calidad.

Es importante recalcar que esta actividad implica responsabilidades, las cuales también hace referencia la guía técnica del INCAP, entre ellas un alto grado de organización, compromiso, cooperación, comunicación, respeto e involucramiento de todos los miembros.

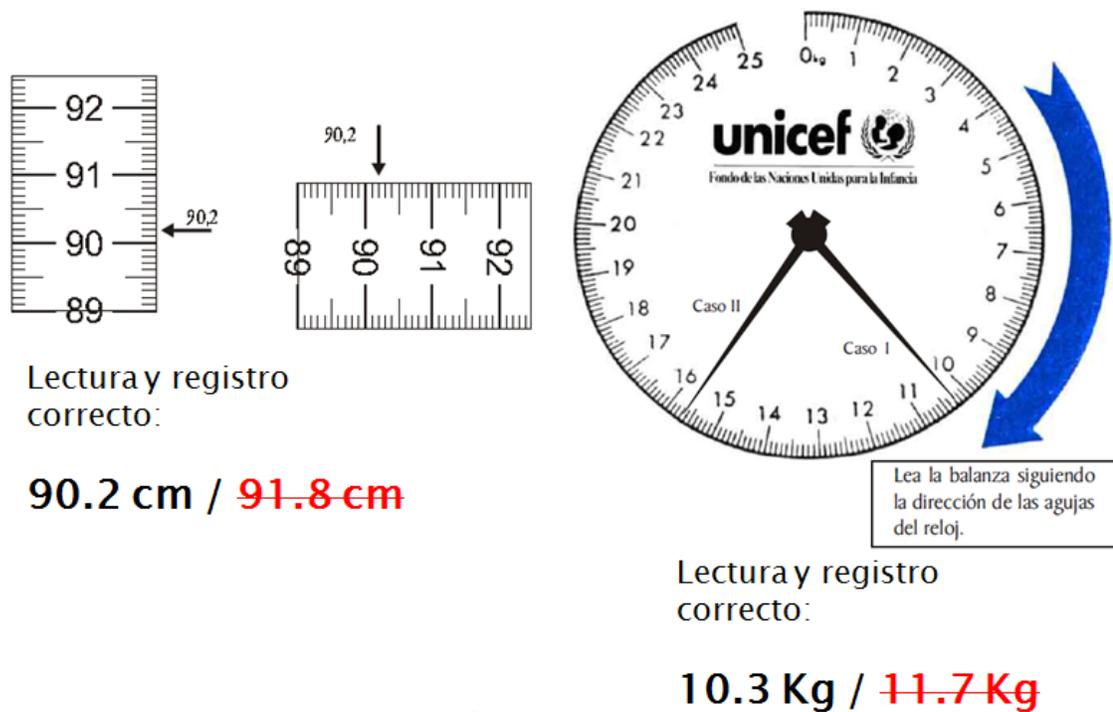
¹ El error sistemático se refiere a aquel que es constante a lo largo de todo el proceso de medida, afectando el resultado final (Kowalski, 2005)



De quien registra y digitaliza los datos

Algunos errores en la lectura provienen de no tomar en cuenta las medidas en milímetros de los tallímetros, la forma correcta de leer el tallímetro es de abajo hacia arriba y de menor a mayor cuando se mide el niño de pie. Cuando se emplea la báscula de plataforma se toma la medición sin que la flecha quede fija en cero, se debe realizar la medida en kg y g de frente, una opción es bajar al niño y tomar la lectura (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas).

IMAGEN No. 01

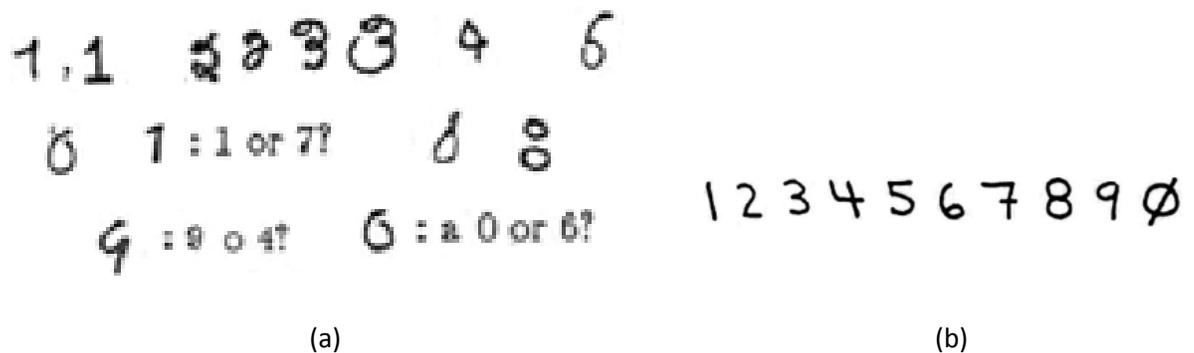


Fuente: Modificado de: Medición de la talla y el peso. Guía para el personal de salud de primer nivel de atención (2004).



Una escritura ilegible y confusa de los números en los formularios para registrar el peso y la talla ocasiona graves errores, es por ello que la OMS indica el tipo de escritura que debe realizarse.

IMAGEN No. 02



Comentario: (a) números escritos en forma incorrecta y confusa. (b) escritura de números recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Fuente: Medición de la talla y el peso. Guía para el personal de salud de primer nivel de atención (2004).

En cuanto a la digitalización de los datos, su procesamiento electrónico es un componente que necesita contar con mecanismos de control de calidad e idealmente debe contar con programas de captura en doble ingreso y programas de comparación y limpieza que proporcionen bases de datos con 0% de errores de digitalización.

Debe contarse con procedimientos de control interno que evitan cometer errores tales como:



- Ingreso de valores extremos
- Fuera de rangos establecidos
- Ingresar información en áreas donde se ha producido un brinco dentro del instrumento.

La información debe verificarse mediante la validación de los datos, lo cual permite encontrar errores que se escapan del mecanismo de control interno. Luego se procede al análisis de los datos mediante estadística descriptiva, para detectar inconsistencias.

Del equipo de medición

Las básculas² de plataforma son las más comunes, sirve para pesar niños mayores de 2 años, adolescentes y adultos hasta 140kg. Debe ser ajustada un día antes. Las básculas electrónicas poseen una mayor vida útil, sirve para pesar tanto niños como adultos hasta un peso de 120kg (INS Instituto Nacional de Salud, 2004). Para medir talla³ se emplean tallímetros, hechos de madera, algunos son fijos y otros poseen partes móviles para hacerlos portátiles; también se encuentran los estadímetros, consisten en una escuadra que se coloca en la pared y se estira una cinta métrica. Es importante contar con superficies planas para realizar las mediciones de peso y talla.

² Ver anexo A

³ Ver anexo A

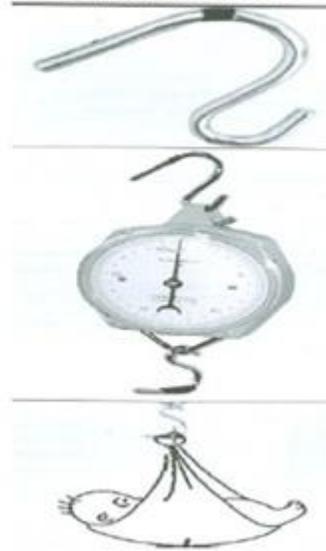


IMAGEN No. 03

Balanza Digital
Tanita (Baby/ Mom
Modelo 1582



Balanza tipo reloj , para colgar
Balanza Salter

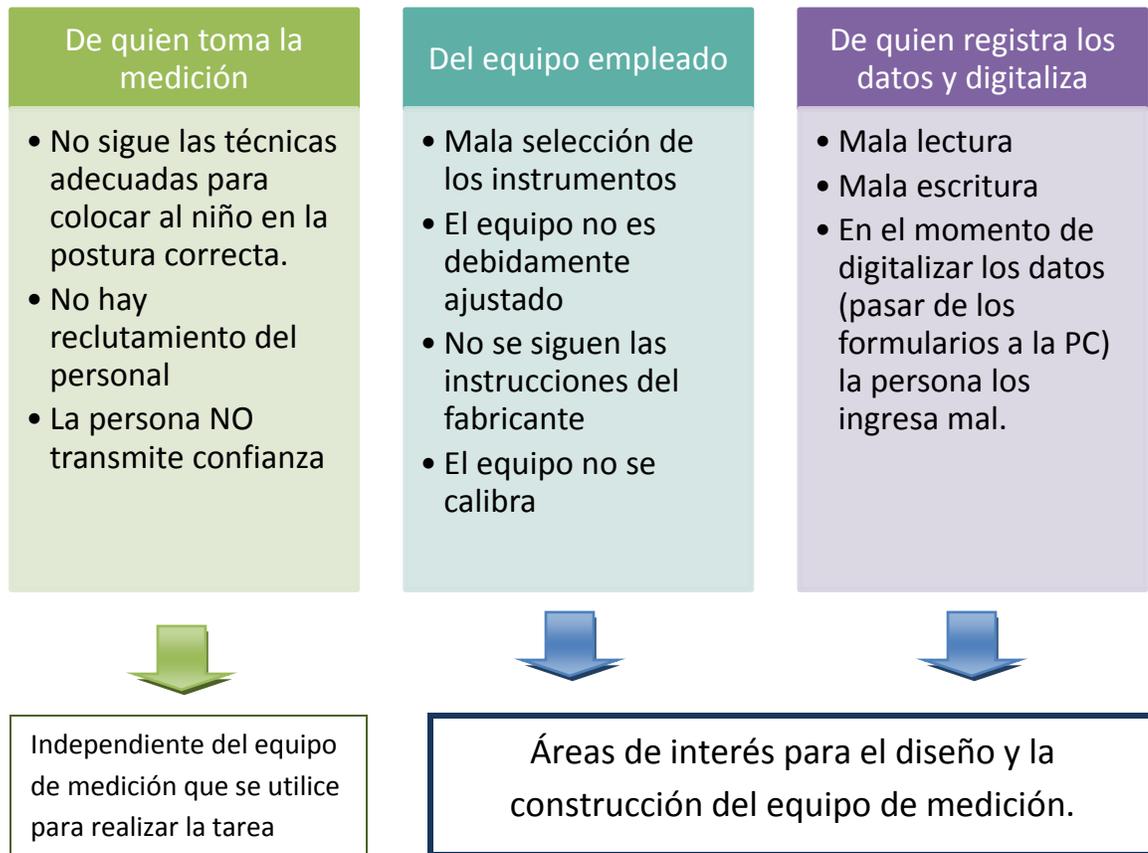


Fuente: Guía para el personal de salud de primer nivel de atención (2004).



PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

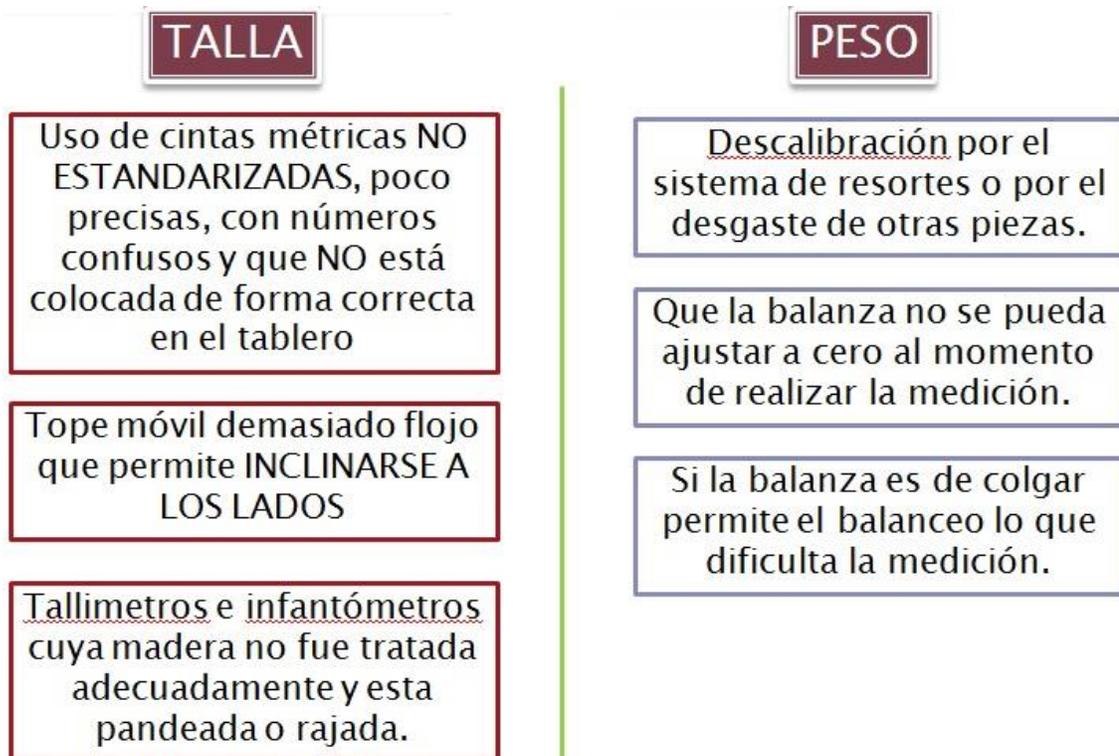
En resumen los errores que se presentan en el procedimiento de la medición de niños menores de 5 años, se presentan en el siguiente cuadro:



Fuente: elaboración del equipo de investigación



El equipo de medición puede presentar ciertas características que inducen a errores, tanto para la medición de talla o longitud y del peso, ambos dependiendo de la edad del niño.



Fuente: Elaboración propia del equipo de investigación

Por lo tanto se diseñó un equipo electrónico que permitiera registrar y almacenar los datos medidos, además que permita su uso para la medición de niños menores a dos años y mayores a dos años.



Estructura física del aparato propuesto

El aparato permite realizar mediciones simultáneas de peso y talla en niños dentro de las edades comprendidas desde los primeros meses de edad hasta los 7 años. Se busca que el aparato sea portátil y permita la medición de un niño tanto de forma horizontal como vertical, esto por la razón que los niños hasta antes de los 2 años de edad su columna no está desarrollada completamente, lo que no permite que el niño se pare adecuadamente.

PARTES Y DIMENSIONES:

BASE: Las dimensiones de la base del aparato son de 30 x 40 x 10 cm, que alojará la circuitería y los sensores de peso, talla y alimentación.

BRAZO TELESCÓPICO: Tiene un movimiento que le permite retraerse, girar y deslizarse sobre una guía para su portabilidad, este brazo es el tallímetro para niños mayores de 2 años.

BANDEJA RETRAIBLE: La bandeja retraída tiene una longitud máxima de 54 cm, medida mínima para un niño de 1 mes de edad y una longitud máxima de 90 cm, un poco más de la medida de un niño de 2 años de edad, con posibilidades de aumentarlo a 1 m de longitud. La bandeja posee un apoya cabeza y un apoya pies que van sobre los rieles que se retraen.



IMAGEN No.04



Base con el brazo telescópico desplegado

Fuente: Elaboración propia, equipo de investigación

La bandeja para la medición de los niños menores de dos años, puede ser guardada en la parte de abajo del aparato, para ser transportada. También el brazo telescópico al ser retraído puede doblarse y quedar guardado en la parte trasera del aparato.

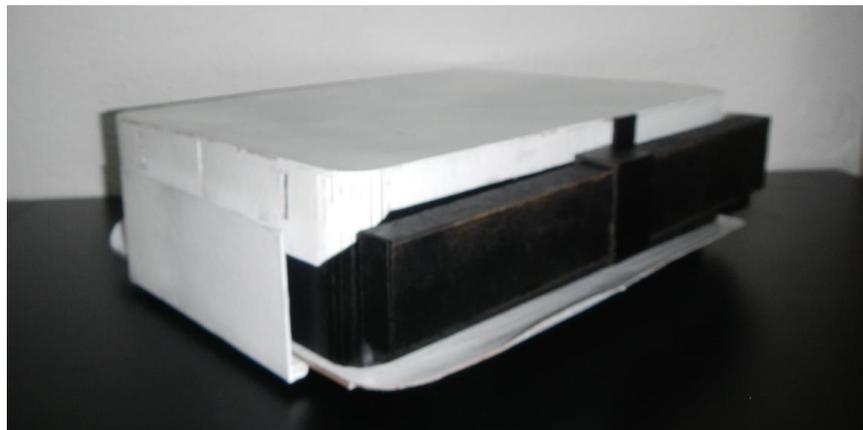


IMAGEN No. 05



Bandeja para pesar y tallar a niños menores de 2 años
Fuente: Elaboración propia, equipo de investigación

IMAGEN No. 06

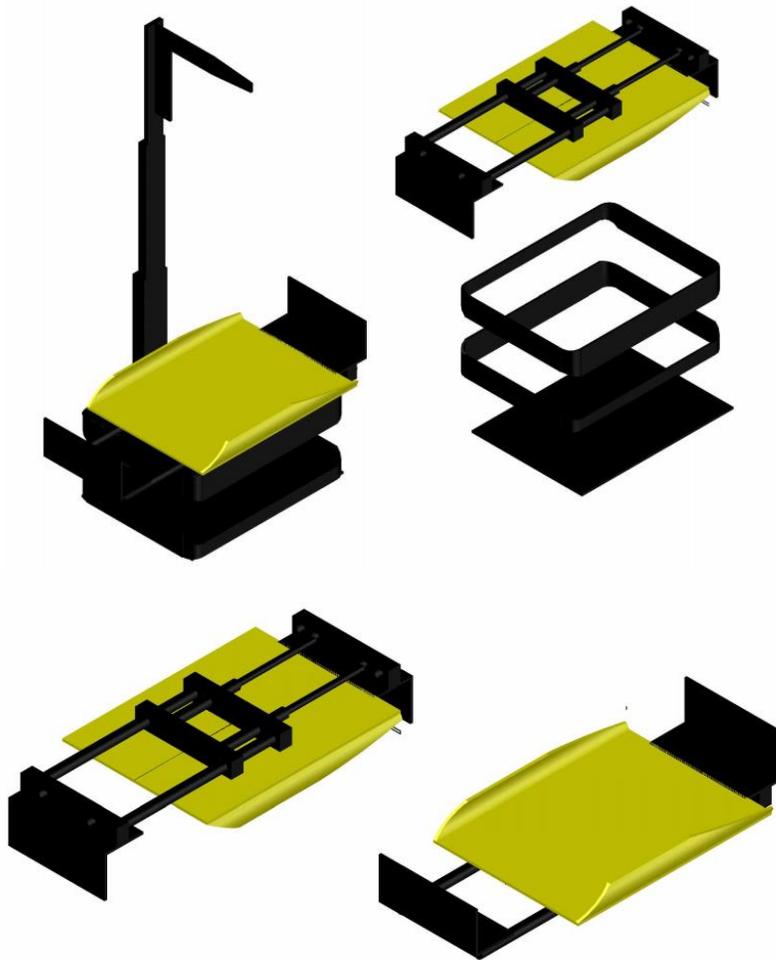


Aparato totalmente retraído para ser transportado. Se observa el brazo telescópico y la bandeja en la parte de abajo del aparato.
Fuente: Elaboración propia, equipo de investigación.



El modelo del medidor de peso y talla, fue realizado en una maqueta de papel y cartón de la cual obtuvo un modelo digitalizado en 3D. Esto con el fin de que el modelo se pueda trasladar a diferentes tipos de plásticos especiales, con los cuales se obtendrá el encapsulado final del medidor:

IMAGEN No. 07



Digitalización de los accesorios para el medidor de peso y talla.

Fuente: Quisertec



Con base en el diseño digitalizado y la plataforma que contiene la celda de carga se procedió a la elaboración de las piezas (accesorios) que permiten pesar al niño tanto en forma horizontal como vertical. Las siguientes imágenes muestran el desarrollo de la elaboración de cada una de las piezas que componen el aparato

IMAGEN No. 08



Brazo extensible

Fuente: Equipo de Investigación con el apoyo de Quisertec

IMAGEN No. 09



Brazo extensible con accesorio de tope para medir al niño de pie y base

Fuente: Equipo de Investigación con el apoyo de Quisertec



IMAGEN No. 10



Bandeja para medir niños menores de 2 años, brazos extensibles que se plantean usar también como base

Fuente: Equipo de Investigación con el apoyo de Quisertec

IMAGEN No. 11

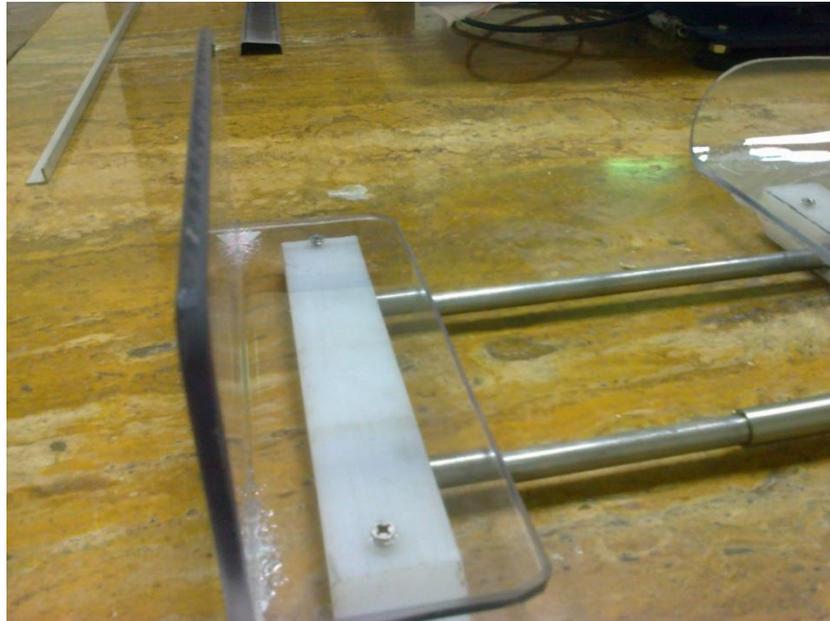


Bandeja para apoyar los pies del niño en la medición acostado

Fuente: Equipo de Investigación con el apoyo de Quisertec



IMAGEN No. 12



Bandeja para apoyar la cabeza del niño en la medición acostado

Fuente: Equipo de Investigación con el apoyo de Quisertec



Estructura final del aparato de medición

Se logró contar con una estructura que permite medir a niños desde aproximadamente dos meses de edad hasta los siete años luego de realizar algunos ajustes tales como:

- Que la bandeja para medir a los niños acostados no se guarde en la parte inferior del aparato, debido a la plataforma que contiene la celda de carga.
- Agregar una pieza en el soporte para los pies del niño para que el sensor ultrasónico pueda tomar la medición de longitud cuando el niño esta acostado en la bandeja.
- Eliminar la base del aparato, ya que la plataforma del sensor de peso será utilizado como base del equipo.

IMAGEN No. 13





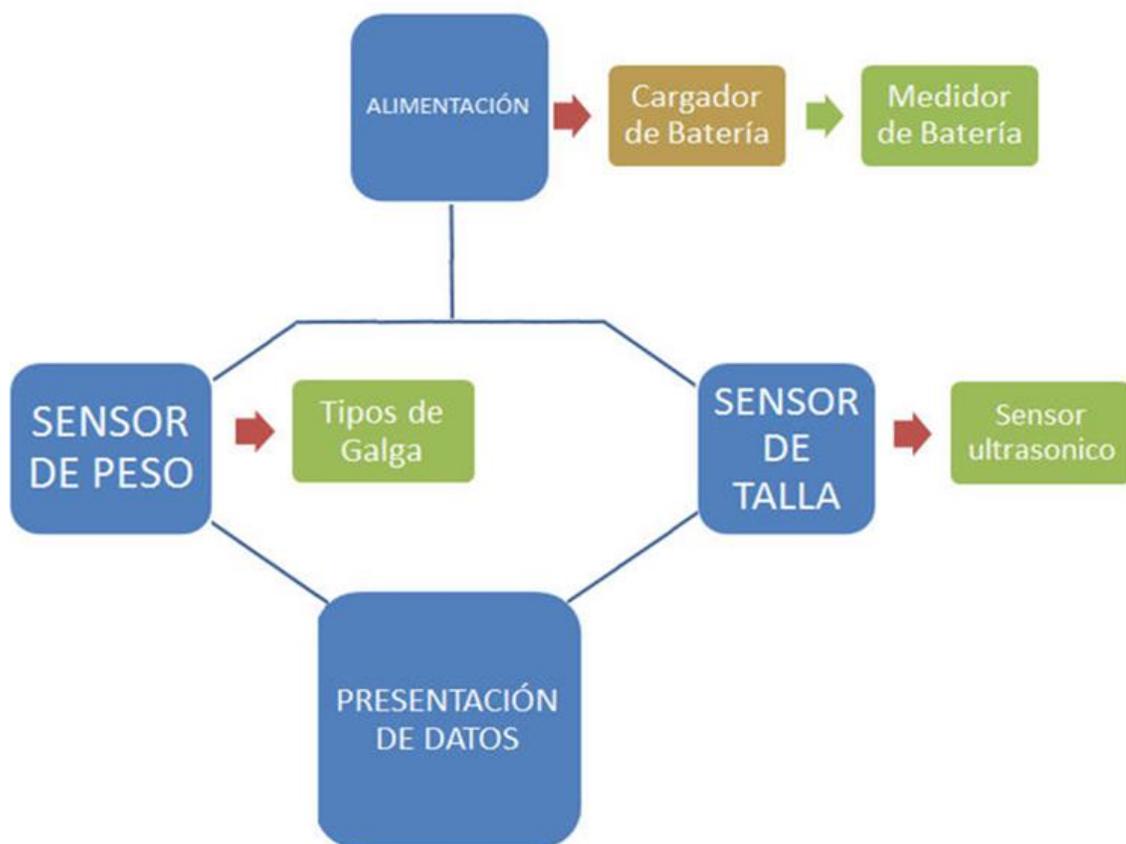
Fuente: Equipo de Investigación con el apoyo de Quisertec

En estas imágenes se puede apreciar el trabajo final de la estructura del equipo de medición, la bandeja extensible que servirá para medir a los niños acostados, debajo se observa la plataforma donde se para el niño cuando éste se mide de pie y el brazo telescópico que permite la medición de los niños de pie.

Se empleó un tipo de material fomy corrugado color azul para forrar la plataforma y la bandeja, en la pieza del apoya pies, se tiene un doble forro para permitir el soporte del talón del niño.

Parte electrónica para el registro de datos

Respecto a la parte electrónica, en el siguiente esquema se puede observar la etapa de alimentación, es decir, un circuito que se encarga de energizar el aparato, además de un circuito que permite cargar una batería interna monitoreando el nivel de carga de la misma.



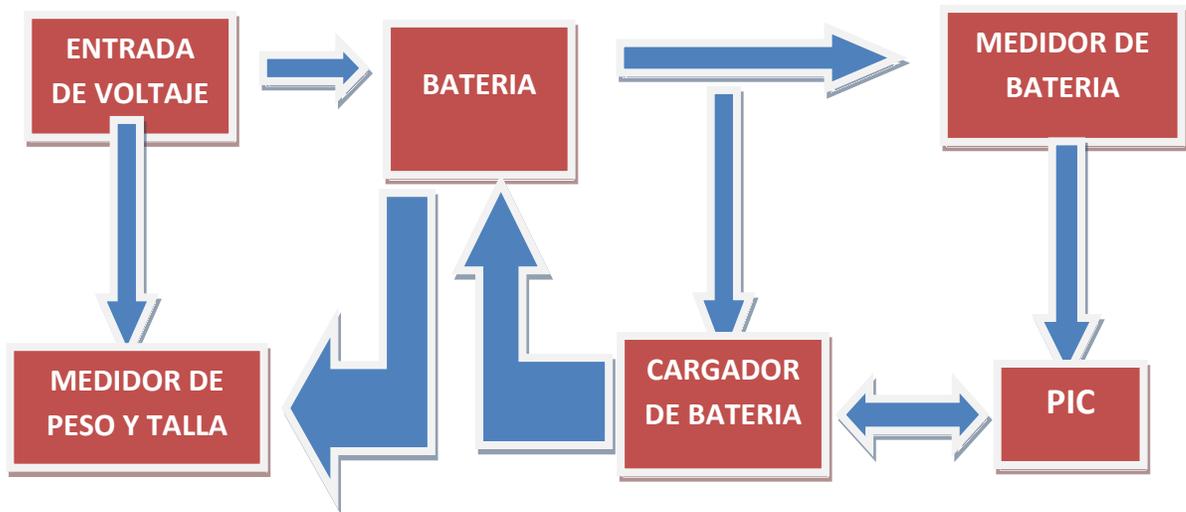
Fuente: Elaboración propia del equipo de investigación

Cuando la batería está cargada, ésta alimentará los circuitos encargados de la captura de peso y talla mediante los sensores (celdas de carga y ultrasónicos) que finalmente serán procesados para facilitar su registro y análisis.



Diagrama de bloques: etapa de alimentación

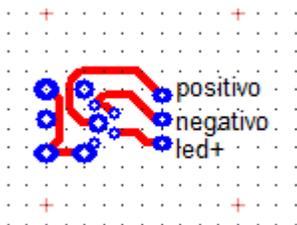
Por medio de un diagrama de bloques se analiza la lógica de los circuitos que se construyeron.



Adaptador de voltaje

Diseño de la placa del adaptador de voltaje, se le podrá incorporar un voltaje DC procedente de una fuente de alimentación.

IMAGEN No. 14



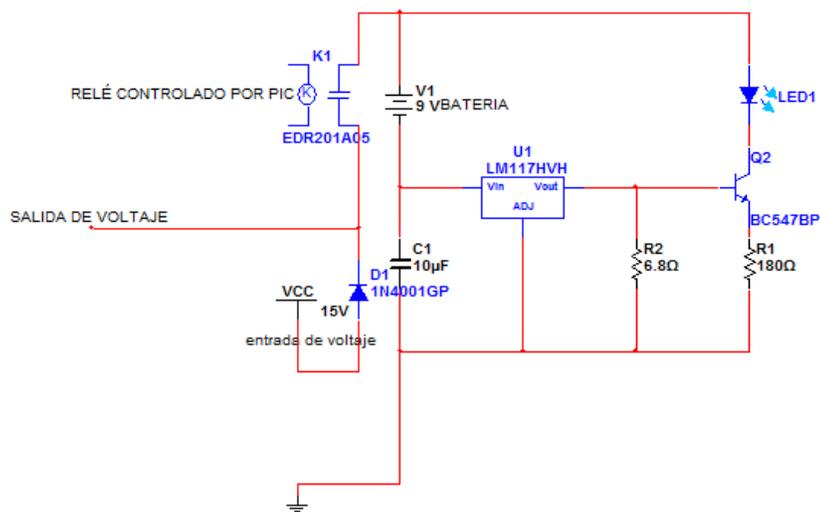
Modelo en placa de las conexiones del adaptador de voltaje y adaptadores de voltaje físicos.

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación.

Cargador de baterías

Diseño del circuito del cargador de la batería, incluyendo el control del pic del paso de la corriente a la carga de la batería

IMAGEN No. 05



Diseño del circuito de carga de la batería.
Fuente: diseño propio equipo de investigación.

COMPONENTES	
CANTIDAD	DESCRIPCION
1	Diodo 1N4001
1	Resistencia de 6.8Ω
1	Resistencia de 180Ω
1	Capacitor electrolítico 25V/10μF
1	Transistor 2N3904
1	LED
1	Regulador de voltaje LM317T

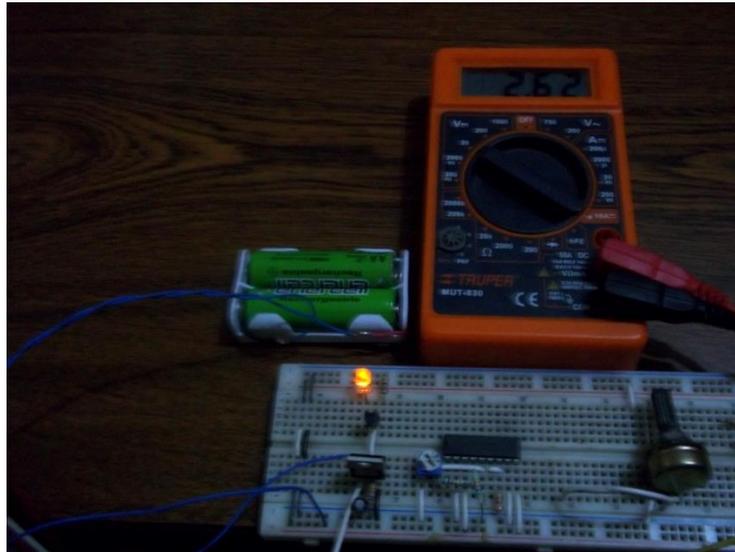


Circuito:

Se realizó la prueba del circuito armándolo como se muestra en el diagrama, Aquí se ha empleado un regulador de tensión tipo LM317 como regulador de corriente. Este regulador de tres terminales LM317 está diseñado para ajustar su resistencia interna entre los terminales IN y OUT para mantener una tensión constante de 1,25V entre los terminales OUT y ADJ. Si elegimos un valor de $(1,25/0,180) = 6,94$ ohmios para R2, circulará exactamente una corriente de 180 mA. En la práctica no se puede comprar una resistencia con este valor por lo que se eligió un valor de 6,8 ohmios, que sí está disponible. Por conveniencia,

- Voltaje de alimentación=11.2V
- Voltaje de carga de baterías=2.62V
- Voltaje de baterías=2.5V

IMAGEN No. 15



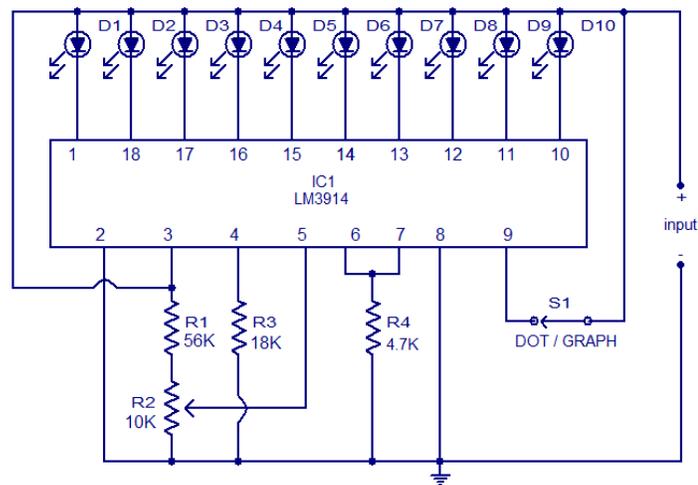
Prueba del circuito de carga de batería.



Medidor de carga

Diseño del circuito para medir la carga de la batería, solo se utilizaran los últimos niveles (D7-D10).

IMAGEN No. 16



12V Battery monitor circuit

www.circuitstoday.com

Diseño del circuito medidor de la carga en la batería.

Fuente: diseño propio equipo de investigación.

COMPONENTES	
CANTIDAD	DESCRIPCION
4	LED's
1	Resistencia de 56K Ω
1	Resistencia de 18K Ω
1	Resistencia de 4.7K Ω
1	Trimpot de 10K Ω
1	LM3914



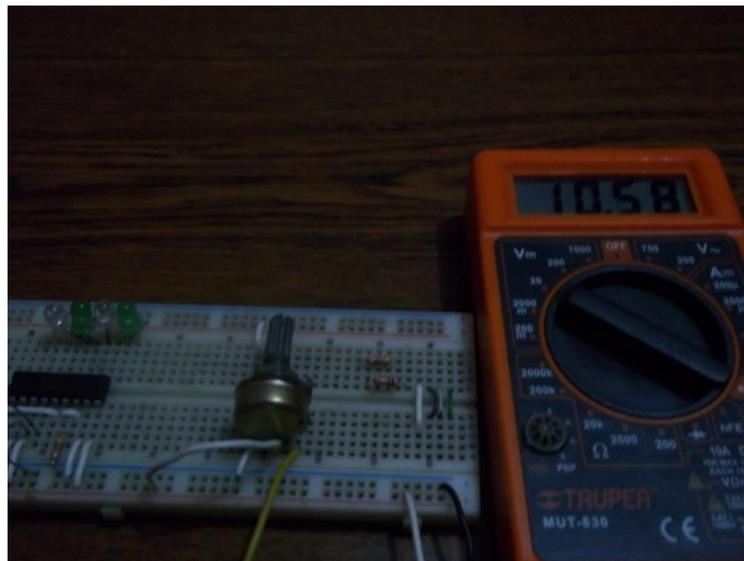
Circuito:

Se realizaron las pruebas del circuito, el único cambio fue que se redujo el número de LED's de 10 a 4 para medir el voltaje por medio de estos niveles. Resistencia R4 conectado entre los pines 6,7 y la tierra controla el brillo de los LED. Resistencias R1 y R2 POT forma una red de divisor de tensión y la R2 POT puede ser utilizado para la calibración.

NIVEL 0:

En la imagen se muestra que con 10.58V se apagan todos los niveles.

IMAGEN No. 17



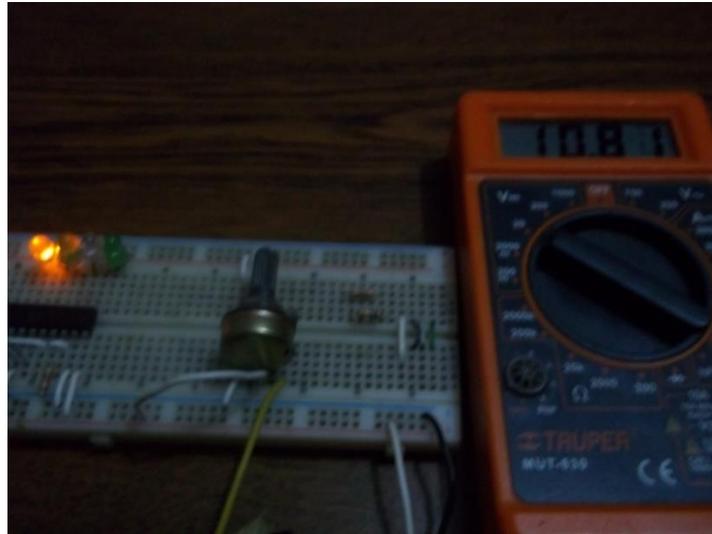
Prueba del circuito medidor de la carga en la batería.



NIVEL 1:

Se necesita tener un voltaje de 10.87V para activar el primer nivel.

IMAGEN No. 18

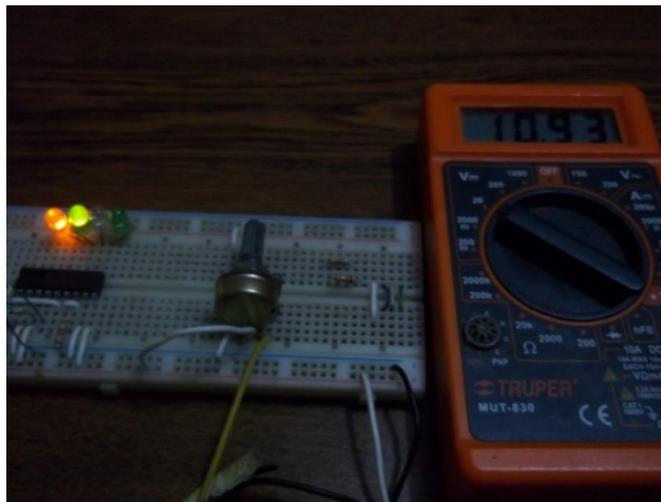


Prueba del circuito medidor de la carga en la batería.

NIVEL 2:

Se necesita 10.93V para activar el segundo nivel.

IMAGEN No. 19



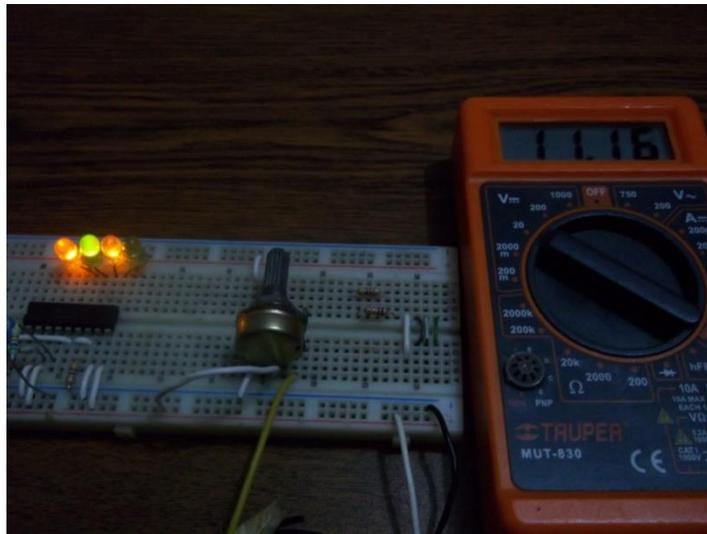
Prueba del circuito medidor de la carga en la batería.



NIVEL 3:

Se necesita 11.16V para activar el segundo nivel.

IMAGEN No. 20



Prueba del circuito medidor de la carga en la batería.

NIVEL 4:

Se necesita 11.23V para activar el segundo nivel.

IMAGEN No. 21

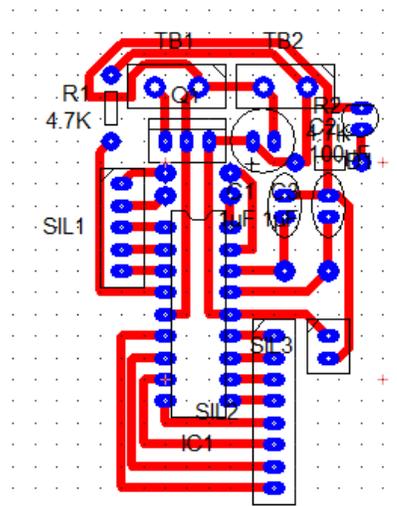


Prueba del circuito medidor de la carga en la batería.

PLACA DE PIC

Diseño de la placa del pic que se utilizara (16f84)

IMAGEN No. 22



Diseño de placa para el pic.

Fuente: diseño propio equipo de investigación.

COMPONENTES	
CANTIDAD	DESCRIPCION
2	Borneras
1	Regulador de voltaje de 5V LM7805
1	Resistencia de 4.7K Ω
1	Resistencia de 1K Ω
1	Capacitor electrolítico 25V/10 μ F
2	Capacitores cerámicos de 22pF
1	LED
1	PIC 16F84
1	Oscilador de 4MHz



Resultados circuitos para la medición de peso

Se procedió a la familiarización con la celda de carga, analizando y experimentando con los distintos circuitos que contiene.

IMAGEN No. 23



Plataforma con Celda de carga METTLER TOLEDO PBA-220

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación.

IMAGEN No. 24



Circuito Interno: Celda de carga METTLER TOLEDO PBA-220

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación.



Prueba 1

Se realizaron diferentes pruebas para la conexión de la celda de carga para las cuales se procedió a utilizar el circuito integrado INA128 el cual es un amplificador operacional de TEXAS INSTRUMENTS el cual está diseñado para instrumentación.

IMAGEN No. 25

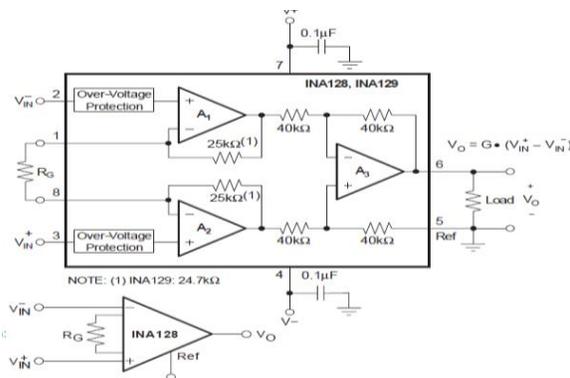


Diagrama de la conexión del circuito INA128

Fuente: Hoja de datos de Texas Instruments

Ecuación de ganancia para el INA128

$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{R_g}$$

Se establece la ganancia y la respectiva resistencia para cada ganancia.

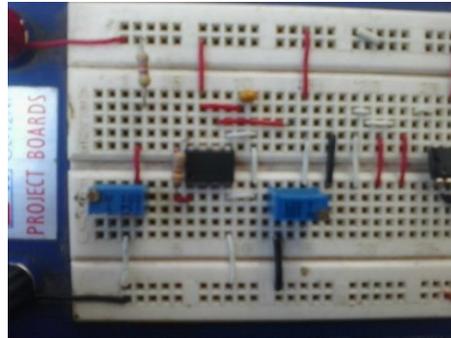
- 1 $\frac{50 \cdot 10^3}{R}$ 1000, Solution is: $R = 50.05$
- 1 $\frac{50 \cdot 10^3}{R}$ 800, Solution is: $R = 62.578$
- 1 $\frac{50 \cdot 10^3}{R}$ 500, Solution is: $R = 100.2$

Fuente: Scientific Notebook

Con las pruebas realizadas se obtuvieron resultados satisfactorios con el único inconveniente de que el circuito integrado requiere de voltajes negativos.



IMAGEN No. 26



Conexión del circuito integrado INA128

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación.

Resultados de las mediciones para la prueba 1

Peso (gramos)	Voltaje de la Celda (mV)	Voltaje Amplificado (V)	Resistencia (Ω)
0	0.5	0.561 +/- 1 mv	50 +/- 1
100	0.5	0.571 +/- 1 mv	50 +/- 1
200	0.5	0.581 +/- 1 mv	50 +/- 1
500	0.6	0.611 +/- 1 mv	50 +/- 1
1000	0.6	0.660 +/- 1 mv	50 +/- 1
2000	0.7	0.760 +/- 1 mv	50 +/- 1

Los resultados mostrados están medidos con una ganancia de 1000 con lo cual se obtiene que, por cada 100g tenemos 10mV en la salida (aproximadamente).



Prueba 2

Se procede con la segunda prueba realizada con el amplificador operacional OPA2277 de TEXAS INSTRUMENTS esto se realizo debido al inconveniente de los voltajes negativos del circuito anterior.

IMAGEN No. 27

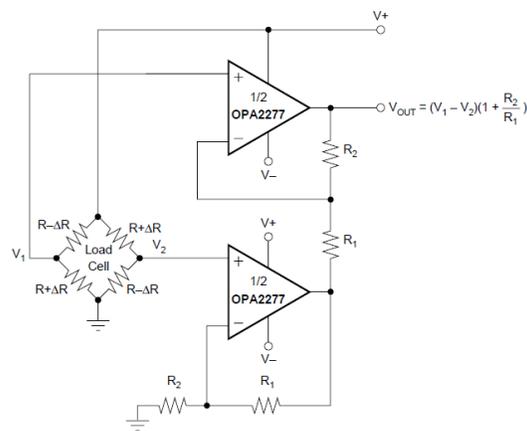


Diagrama de la conexión del circuito OPA2277

Fuente: Hoja de datos de Texas Instruments

Ecuación de ganancia para el INA128

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Se establece la ganancia y la resistencia R2 para encontrar R1.

$$1 + \frac{100000}{R_1} = 1000, \text{ Solution is: } R_1 = 100.1 \rightarrow$$

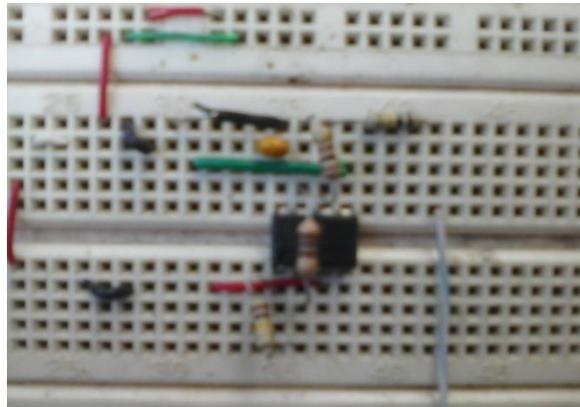
$$1 + \frac{100000}{R_1} = 800, \text{ Solution is: } R_1 = 125.16 \rightarrow$$

Fuente: Scientific Notebook



En esta prueba se obtuvo un resultado intermedio ya que el circuito es funcional pero no es muy estable.

IMAGEN No. 28



Conexión del circuito integrado OPA2277

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación

Resultados de las mediciones para la prueba 2

Peso (gramos)	Voltaje de la Celda (mV)	Voltaje Amplificado (V)	Resistencia 1 (Ω)	Resistencia 2 (Ω)
0	0.5	0.549 +/- 2 mv	100 +/- 1	100000 +/- 1
100	0.5	0.558 +/- 2 mv	100 +/- 1	100000 +/- 1
200	0.5	0.581 +/- 2 mv	100 +/- 1	100000 +/- 1
500	0.6	0.611 +/- 2 mv	100 +/- 1	100000 +/- 1
1000	0.6	0.660 +/- 2 mv	100 +/- 1	100000 +/- 1
2000	0.7	0.760 +/- 2 mv	100 +/- 1	100000 +/- 1

Los resultados mostrados están medidos con una ganancia de 1000 con lo cual se obtiene que, por cada 100g tenemos 9mV en la salida (aproximadamente).



Prueba 3

Se procede con la tercera prueba la cual se realizo con el circuito integrado INA122 el cual es un amplificador operacional de TEXAS INSTRUMENTS diseñado para instrumentación.

IMAGEN No. 29

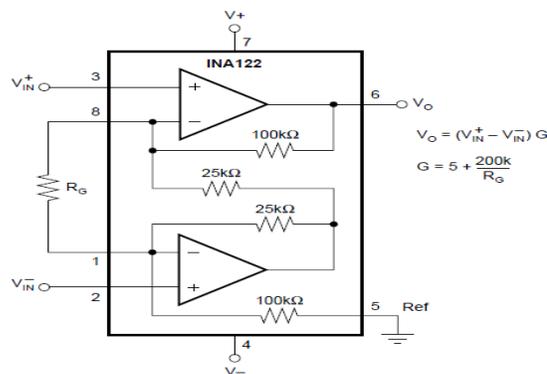


Diagrama de la conexión del circuito INA122

Fuente: Hoja de datos de Texas Instruments

Ecuación de ganancia para el INA122

$$G = 5 + \frac{200K\Omega}{Rg}$$

Se establece la ganancia y la respectiva resistecia para cada ganancia.

$$5 = \frac{200 \cdot 10^3}{R} \quad \Rightarrow \quad 1000, \text{ Solution is: } \uparrow R \quad \Rightarrow \quad 201.01 \rightarrow$$

$$5 = \frac{200 \cdot 10^3}{R} \quad \Rightarrow \quad 800, \text{ Solution is: } \uparrow R \quad \Rightarrow \quad 251.57 \rightarrow$$

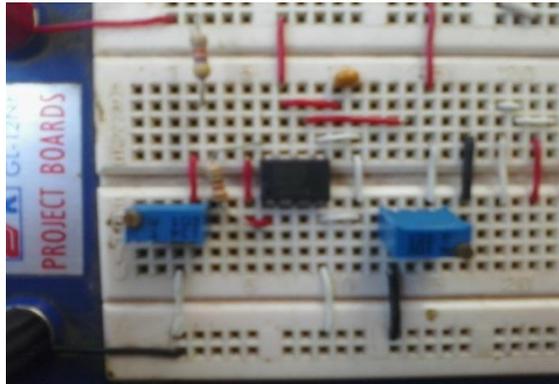
$$5 = \frac{200 \cdot 10^3}{R} \quad \Rightarrow \quad 500, \text{ Solution is: } \uparrow R \quad \Rightarrow \quad 404.04 \rightarrow$$

Fuente:Scientific Notebook



El amplificador operacional INA122 se asemeja al circuito INA128 con la diferencia de que este no necesita de voltajes negativos por lo cual este circuito se convierte en la mejor opción para el diseño final. Las pruebas con este integrado fueron exitosas.

IMAGEN No. 30



Conexión del circuito integrado OPA2277

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación

Resultados de las mediciones de la prueba 3

Peso (gramos)	Voltaje de la Celda (mV)	Voltaje Amplificado (V)	Resistencia (Ω)
0	0.5	0.561 +/- 1 mv	201 +/- 1
100	0.5	0.571 +/- 1 mv	201 +/- 1
200	0.5	0.581 +/- 1 mv	201 +/- 1
500	0.6	0.611 +/- 1 mv	201 +/- 1
1000	0.6	0.660 +/- 1 mv	201 +/- 1
2000	0.7	0.760 +/- 1 mv	201 +/- 1



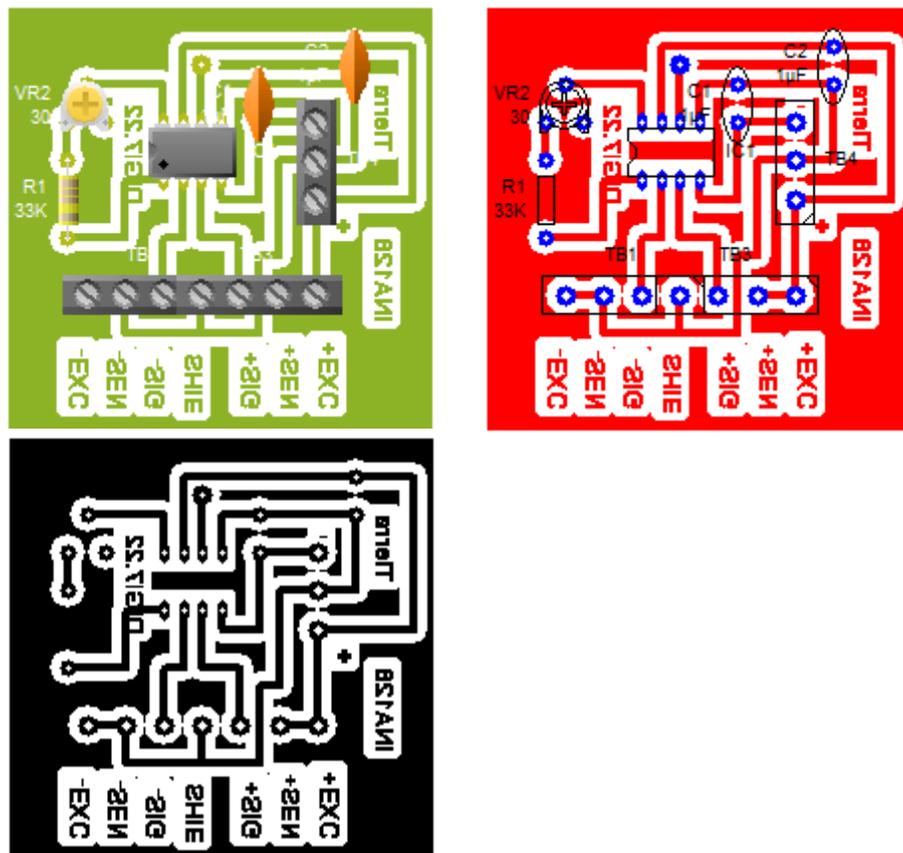
Los resultados mostrados están medidos con una ganancia de 1000 con lo cual se obtiene que, por cada 100g tenemos 10mV en la salida (aproximadamente).

Propuesta de diseño para cada uno de los circuitos.

INA128

La resistencia variable se establece debido al valor de la resistencia R_g por lo cual esta sirve para ajustar al valor deseado en este caso la resistencia variable estará ajustada a 30Ω .

IMAGEN No. 31



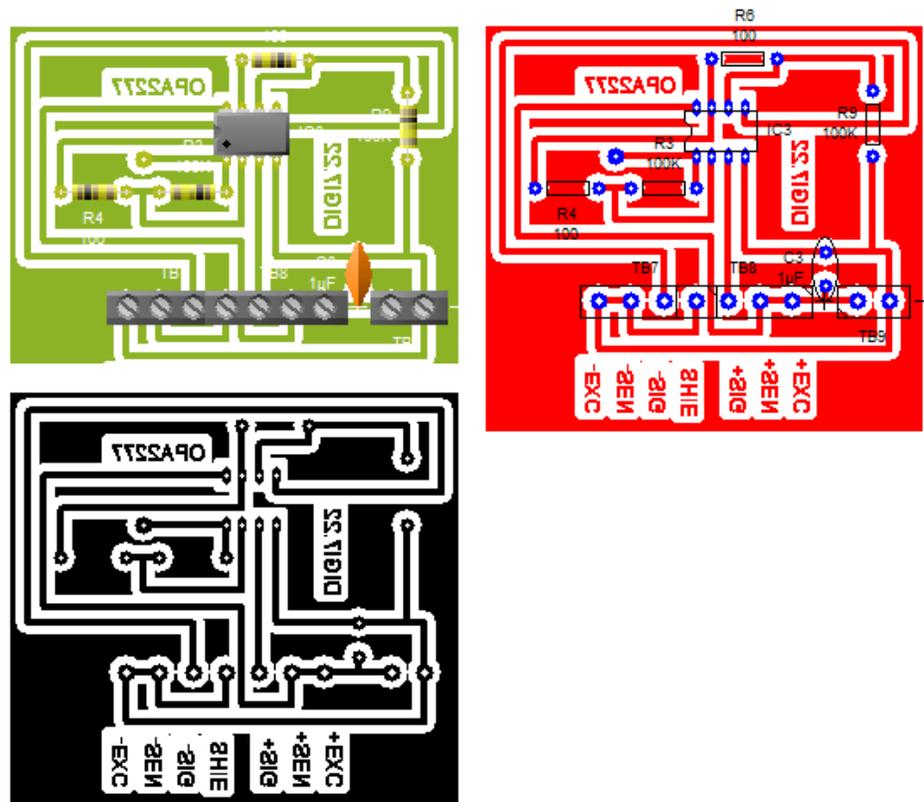
Diseño de placa para INA128, diseñado en PCB Wizard

Fuente: PCB Wizard



OPA2277

IMAGEN No. 32



Diseño de Placa para OPA2277, diseñado en PCB Wizard

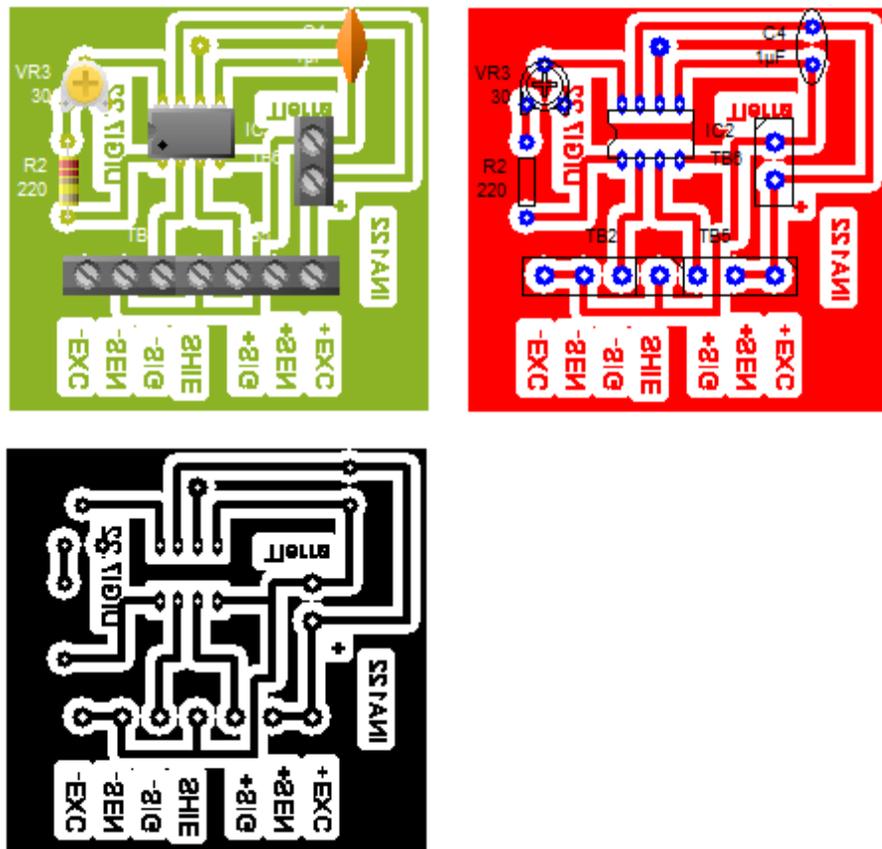
Fuente: PCB Wizard



INA122

La resistencia variable se establece debido al valor de la resistencia R_g por lo cual esta sirve para ajustar al valor deseado en este caso la resistencia variable estará ajustada a 30Ω .

IMAGEN No. 33



Diseño de Placa para INA122, diseñado en PCB Wizard

Fuente: PCB Wizard



Conexión de la celda de carga hacia los circuitos

Nombres	Colores	Descripción
EXC+	Verde	Alimentación +5v
SEN+	Azul	Alimentación +5v
SIN+	Rojo	Salida en mili voltios
SHIELD	Amarillo	Conexión a tierra
SIN-	Blanco	Salida en mili voltios
SEN-	Marrón	Conexión a tierra
EXC-	Negro	Conexión a tierra

Nota: el voltaje máximo de la celda de carga es de 15v, el modelo de la celda corresponde a PBA220-BB



Resultados medición de talla

El sensor de ultrasonido no requiere de un circuito sofisticado de control, únicamente la programación que el pic empleará para interpretar los datos que provienen del mismo.

Mediciones para niños menores de 2 años

Se realizaron 30 mediciones empleando distancias conocidas previamente para los rangos de edad entre 2 meses y 2 años de edad, con lo cual se obtuvo que el programa registra de forma satisfactoria los valores de distancia.

Resultados del despliegue y almacenamiento de la información medida

Pruebas GLCD

Se realizan pruebas utilizando las librerías de GLCD con el software computacional mikroBasic. Se logra desplegar los logotipos del Centro de Investigaciones de Ingeniería y de la Dirección General de Investigaciones utilizando la tarjeta EasyPIC. Se adecúan los formatos de las imágenes de los logotipos utilizando el software Matlab, para que sean compatibles con la pantalla GLCD disponible en el laboratorio. Se utiliza después el software Paint para convertir las imágenes de modo monocromático.



IMAGEN No 34



Tarjeta EasyPIC7 en la cual se desarrolla la conexión de los sensores de peso y talla con el microcontrolador y la pantalla GLCD

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación.

Redimensionamiento de logotipos

Se redimensionó el logotipo del Centro de Investigaciones de Ingeniería convirtiéndolo a 54x44 pixeles, también se redimensionó el logotipo de la Dirección General de Investigaciones a 61x29 pixeles. Con el redimensionamiento realizado es posible desplegar los logotipos en el centro de la pantalla de modo que abarquen completamente la pantalla GLCD.

IMAGEN No 35



Logotipos de la DIGI Y CII

Dimensionados para uso en pantalla GLCD

Fuente: Imágenes propias del equipo de investigación.



Despliegue de datos en GLCD

Se desarrolla el código de programación que se encargará de desplegar la talla en la pantalla GLCD, con ésta mejora el dispositivo es ahora capaz de desplegar los datos conjuntamente con los logotipos. Además se emula el dato de peso para visualizarlo sin necesidad de la celda de carga.

IMAGEN No 36



Despliegue de los datos de peso y talla, los valores mostrados no corresponden a la medición de un niño.

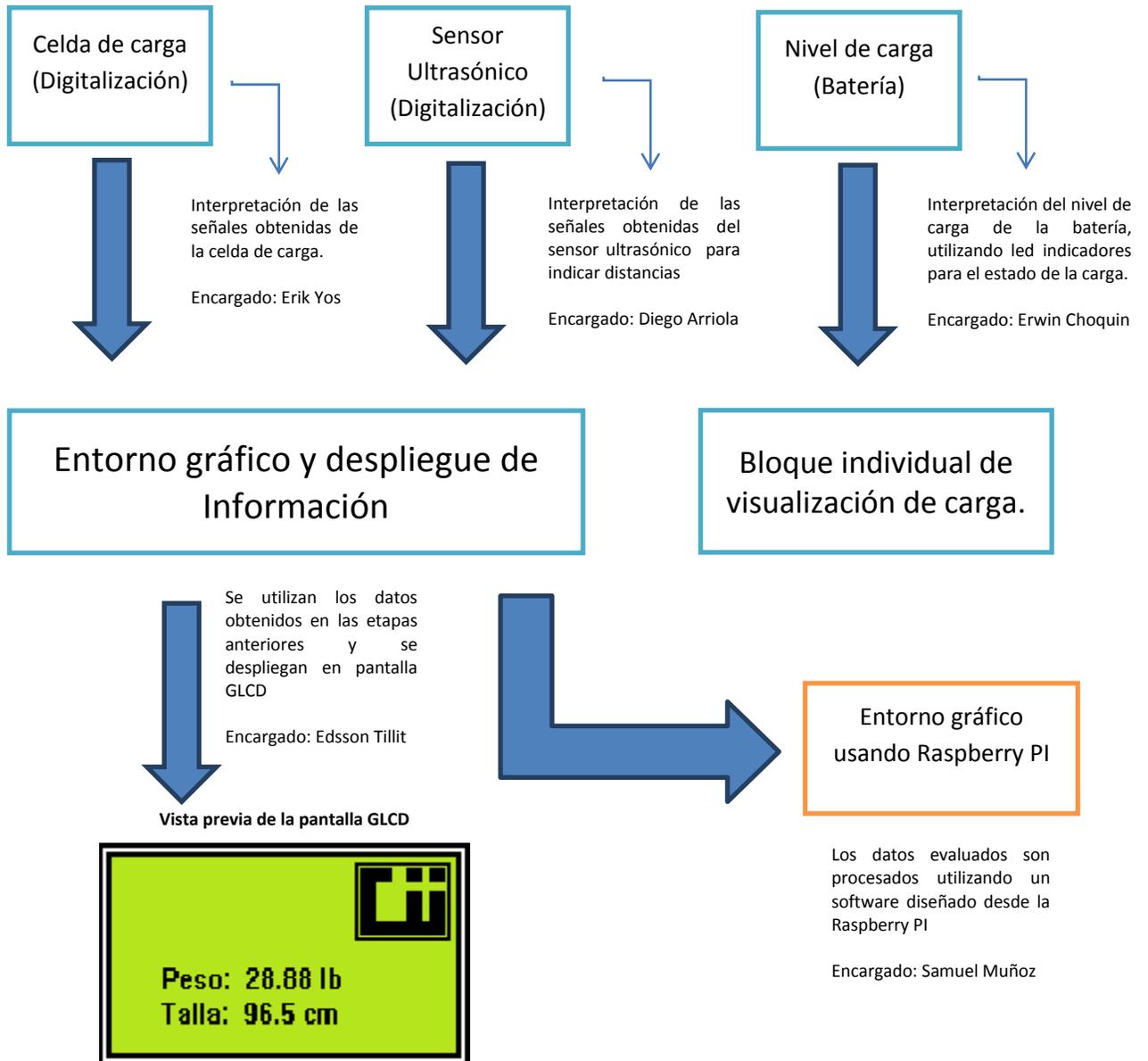
Con pantalla GLCD, talla real y peso simulado

Fuente: Fotografía propia equipo de investigación.

El despliegue de datos se realiza como se muestra en el diagrama de bloques a continuación, el cual representa la unión de los diferentes bloques en un solo módulo.



Diagrama de Bloques – Despliegue de información





Para desarrollar el entorno gráfico se utiliza un software computacional llamado MikroBasic. Mikrobasic es un compilador de lenguaje Basic desarrollado por la empresa Mikroelektronika para programación de dispositivos microcontroladores PIC el cual incluye múltiples librerías que hacen la programación más sencilla y amigable.

Para el manejo de la pantalla GLCD se utiliza la librería Graphic LCD incluida en MikroBasic. Éstas pueden ser visualizadas desde la página de ayuda del compilador.

IMAGEN No 37

```
Project Settings
Code Explorer

70 ANSELD = 0      ' Configure PORTD pins as digital
   ANSELA = 0x02  ' Configure RA1 pin as analog
   TRISB.7 = 0    ' Set PORTD.7 as output
   LATB.7 = 0

   Glcd_Init()    ' Initialize Glcd
   Glcd_Fill(0x00) ' Clear Glcd
   Glcd_Image(@DIGI_bmp) ' Draw image
   Delay_ms(2000)
   Glcd_fill(0x00) ' Clear GLCD
   Glcd_Image(@Cii_bmp) ' Draw image
80 Delay_ms(2000)
   Glcd_fill(0x00) ' Clear GLCD
   Glcd_Image(@Cii_corner_bmp) ' Draw image

   UART1_Init(9600) ' Initialize UART module at 9600 bps
   Delay_ms(100)    ' Wait for UART module to stabilize

   txt1 = "7.22"
   txt2 = "DIGI/USAC"
```

Fragmento del código de programación utilizado en el despliegue de información

Fuente: Imágenes propias del equipo de investigación.



Microcontrolador PIC18F45k22

Es un microcontrolador de 40 pines de bajo consumo y alto desempeño, es un microcontrolador que se adapta a las necesidades del proyecto, cuenta con varios canales en el módulo de ADC con 10 bits de resolución, 64kbytes de memoria flash para programa y 1.6 kbytes de memoria RAM.

Pantalla GLCD 128x64 pixeles

Es un tipo de pantalla que trabaja con un controlador interno KS0108, capaz de desplegar imágenes monocromáticas con dimensiones de 128x64 o menor.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los errores que se producen por emplear una inadecuada técnica antropométrica son independientes de cualquier equipo de medición que se utilice. Sin embargo, a raíz del error que se induce al momento de tomar una mala lectura del equipo de medición y de registrar de forma escrita y digital los valores, además de otras consideraciones como:

- Se realizan dos mediciones, movilizándolo al niño de un aparato a otro para obtener el peso y la talla. Esto debido a que se requiere de un aparato para medir el peso y otro diferente para medir la talla o la longitud.
- Los aparatos que toman ambas medidas lo hacen sólo para rangos o de pocos meses de edad o para adultos.
- Que los equipos existentes en el mercado son robustos y destinados a su colocación fija en clínicas o centros comerciales, que en algunos casos su alimentación requiere 240 V.
- Que dichos equipos son para adultos y no todos poseen bandeja que permita la colocación de bebés.
- Que no están diseñados para realizar jornadas en áreas rurales como ocurre en nuestro país.
- Que existe discrepancia en los diseños, mientras las guías indican superficies planas, los equipos poseen diseños ergonómicos que alteran la postura.

Se obtuvo un prototipo que permite la medición de peso y talla de niños tanto acostados como parados.



Ventajas y desventajas encontradas en la estructura final

Luego de las pruebas realizadas al prototipo se encontró que la estructura presenta algunas ventajas y desventajas a tomar en consideración para futuros ajustes al modelo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El brazo telescópico se extiende a una longitud que puede medir a un niño a un máximo de 7 u 8 años de edad.	La base que soporta el brazo telescópico está soldada a la plataforma en un extremo, y el tornillo que sujeta el brazo en forma vertical permite que éste no se quede firme por lo que tiende a inclinarse.
La celda de carga permite pesar a un niño hasta 10 años de edad, más no medirlo.	La principal desventaja que ya no hace portátil el equipo, es el peso de la plataforma empleada, lo que se corrige cambiando la misma o replicándola con otro material igual de resistente pero liviano. Por cuestiones del tiempo de ejecución del proyecto no se realizó esta modificación.
El equipo permite tomar el peso y la talla casi al mismo tiempo de un niño entre los 3 meses y siete años de edad sin tener que moverlo y aplicar nuevamente las técnicas antropométricas que permiten colocar al niño en la postura correcta.	El sensor ultrasónico no está colocado en una estructura que lo resguarde de mejor forma, lo que puede ocasionar que el mismo se dañe.
El aparato es capaz de almacenar en una memoria de 4G más de 2,000 mediciones de peso y talla, los cuales se pueden descargar a una PC y cargarlos a una hoja de Excel.	Dentro de la parte electrónica el equipo no permite generar una base de datos sofisticada.

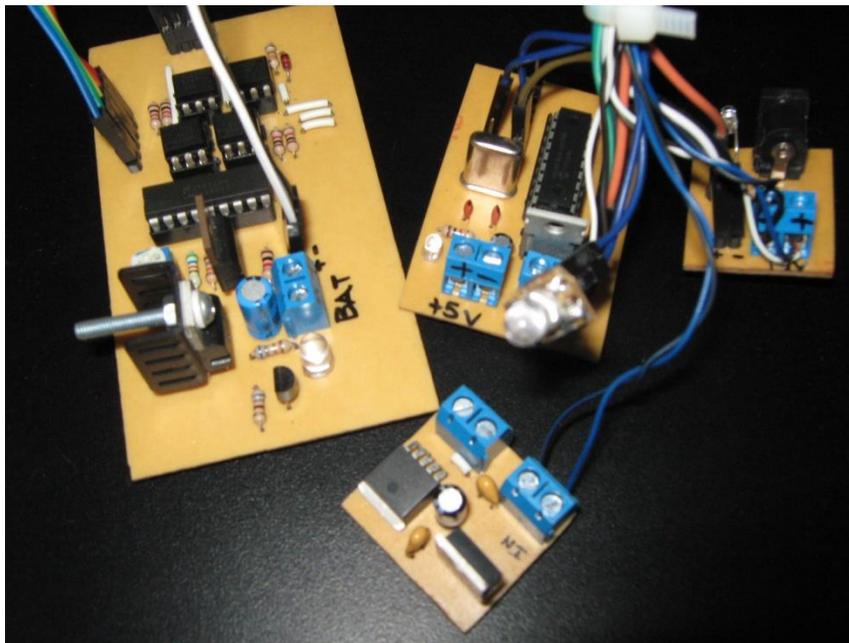
Discusión de resultados de la parte electrónica

Etapas de alimentación

El circuito final de la etapa de alimentación permite suministrar los voltajes necesarios para el funcionamiento de la celda de carga y su circuito de control, el sensor de ultrasonido y su sensor de control, el circuito que almacena y despliega los datos en una pantalla GLCD.

El circuito puede ser ajustado según se requiera una alimentación del orden de los 5, 9 o 12 V.

IMAGEN No. 38



Circuito final de alimentación

Fuente: Elaboración propia del equipo de investigación

Etapas de medición de peso y talla

La estabilidad del circuito para la medición del peso lo proporciona el uso de un amplificador de instrumentación como el INA 122, permitiendo desplegar el valor en libras y kilogramos, según sugerencia de expertos entrevistados.



COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la comprobación de las hipótesis planteadas se recurrió a la aplicación de la estadística descriptiva, mencionada en este mismo informe en la parte de la metodología de la investigación.

Comprobación primera hipótesis:

H₀: Las mediciones de peso y talla tomadas con el aparato construido NO difieren significativamente de las medidas registradas con los aparatos convencionales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 > \mu_2$$

Comprobación de igualdad de varianzas:

Empleando la fórmula

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Para este caso sustituyendo los valores de las varianzas se obtiene $F = 2.73$, para las mediciones de peso y un $F = 2.65$ para la talla, empleando el criterio:

Si $F = \frac{s_1^2}{s_2^2} < 3$ las varianzas son estadísticamente iguales

Si $F = \frac{s_1^2}{s_2^2} > 3$ las varianzas son estadísticamente distintas



Por lo tanto, se puede considerar que para los datos de medición de talla y peso se tienen varianzas estadísticamente iguales, por lo tanto se empleará una prueba t para dos muestras de peso y dos muestras de talla suponiendo varianzas iguales.

Criterio para aceptar o rechazar la H_0 (hipótesis nula)

$$|t_{calc}| > |t_{critico}|$$

Si el estadístico t (calculado) es mayor al valor crítico, entonces se RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA.

Para las mediciones de peso:

Para este caso $t_{calc} = 1.1423$ es menor a $t_{critico} = 2.074$, por lo tanto se ACEPTA LA HIPÓTESIS NULA con el 95% de confianza.

Para las mediciones de talla:

Para este caso $t_{calc} = 1.1423$ es menor a $t_{critico} = 2.13$, por lo tanto se ACEPTA LA HIPÓTESIS NULA con el 95% de confianza.

CONCLUSIÓN ESTADÍSTICA

No existe diferencia significativa entre las medidas tomadas por los medidores tradicionales empleados en la prueba y las registradas por el prototipo construido.



Comprobación segunda hipótesis:

H₀: La medición de peso y talla en el mismo aparato REDUCE significativamente el TIEMPO que tomo realizar el proceso de pesar y tallar.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 > \mu_2$$

Comprobación de igualdad de varianzas:

Empleando la fórmula

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Para este caso sustituyendo los valores de las varianzas se obtiene $F = 3.78$, por lo tanto se puede decir que las varianzas son estadísticamente diferentes, esto indica que se realizará una prueba t para dos muestras con varianzas desiguales.

$$\text{Si } F = \frac{s_1^2}{s_2^2} < 3 \text{ las varianzas son estadísticamente iguales}$$
$$\text{Si } F = \frac{s_1^2}{s_2^2} > 3 \text{ las varianzas son estadísticamente distintas}$$

**Criterio para aceptar o rechazar la H_0 (hipótesis nula)**

$$|t_{calc}| > |t_{crítico}|$$

Si el estadístico t (calculado) es mayor al valor crítico, entonces se RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA.

Para las mediciones de tiempo

Para este caso $t_{calc} = 4.52$ es MAYOR a $t_{crítico} = 2.13$, por lo tanto se RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA Y SE ACEPTA LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA con el 95% de confianza.

CONCLUSIÓN ESTADÍSTICA

Si existe diferencia significativa entre las medidas del tiempo que toma emplear dos aparatos diferentes para medir peso y talla, a realizarlas con el prototipo construido, donde se puede inferir que se reduce el tiempo en algunos casos hasta en más de la mitad del tiempo normal medido.



CONCLUSIONES

1. La automatización del registro de datos se logró mediante la implementación de un circuito que almacena los datos en una memoria SD de 4G, con capacidad de guardar más de 2,000 datos de peso y talla. Cuando se inicia el proceso de medición el menú desplegado en la GLCD pedirá ingresar un código para la identificación del niño, luego se ingresa el sexo, la edad, después de presionar los botones para el peso y talla se oprime el botón de guardado, éste dará la orden al pic de almacenar en la memoria los datos. También pueden ser borrados si es necesario repetir la medición.
2. La medición simultánea no es posible, debido a la técnica que se emplea para poner al niño en la postura correcta al momento de pesarlo o tallarlo. Cuando se sostiene al niño para tomar la medición de talla o longitud es necesario que el asistente realice cierta presión sobre el niño, esta presión extra se ve reflejada en la captura de cualquier medidor de peso, lo que falsea esta medición. Por lo tanto, en el diseño se tienen dos botones uno para tomar la lectura de la talla del niño mientras el antropometrista asistente sostiene al niño, luego éste lo suelta esperando no más de 2 segundos y presiona el botón para que tome la medida del peso. Si bien la medición no se hace simultánea, no es necesario mover al niño hacia otro aparato y volver a aplicar las técnicas antropométricas para colocarlo en la posición correcta en el segundo aparato.



3. El equipo construido permite medir niños desde los tres meses de edad hasta los 7 años. En un principio se planteó para dos meses pero debido al cambio inesperado de la plataforma que contiene la celda de carga, cuyas dimensiones son más grandes, obligó a que las medidas de la bandeja aumentaran. El indicador donde se muestran los resultados posee un diseño infantil. Además es importante resaltar el peso de la plataforma ya que el tiempo de ejecución del proyecto no permitió corregir este imprevisto al momento de seleccionar el sensor de peso, lo que no hace posible que el equipo sea tan portátil, pero si transportable como cualquier otro aparato.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda dar continuidad para mejorar el prototipo, en cuanto al peso, el cual puede disminuirse mediante dos opciones: 1. La adquisición de una nueva plataforma con sensor que sea más liviana y ajustar el circuito de captura de datos de peso al nuevo sensor y 2. Replicar la misma plataforma pero en un material más liviano sin dejar de ser resistente para que soporte el peso de los niños.
2. Rediseñar el soporte del brazo telescópico para que no se incline al momento de realizar la medición, ya que la inclinación se refleja en el tope de la cabeza que es donde la señal del sensor rebota para tomar la medida de distancia y así mostrar la altura del niño.
3. Fabricar un indicador con materiales plásticos adecuados que permitan mantener la forma del “hipopótamo” y tenga la pantalla GLCD y el teclado.
4. Mejorar la etapa electrónica en cuanto a la generación de una base de datos en MySQL y el despliegue a través de una pantalla LED o LCD a color con entrada HDMI o RCA que permita la conexión con una tarjeta Raspberry PI.
5. Que el CII esté en la capacidad de construir medidores de este tipo cuando alguna institución lo requiera, y ser adaptado a las necesidades de la misma, ya que cada institución pública o privada posee su propia forma de registrar y llevar control de las mediciones que realiza.



BIBLIOGRAFÍA

1. Ardila Urueña, W., Gómez Cardona, D., & Wilson Marín, J. (2007). Sistema Autónomo de Variables y su Interrelación. *Scientia et Technica* (35).
2. Barrantes E, L., & Sandin D, M. (1997). *Curvas de crecimiento de niños urbanos de Guatemala de 6 a 16 años*. Guatemala: Dirección General de Investigaciones USAC.
3. Castañeda Aphan, B., Díaz Rojas, C. A., & Huaróc Moquillaza, E. B. (2011). *Perú 2021*. Recuperado el 25 de Mayo de 2012, de <http://peru2021.org/exporsevirtual/2012/pdf/pucp/catalogo%2011%20abril%20para%20visualizar%20boceto.pdf>
4. *Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas*. (s.f.). Recuperado el 25 de Mayo de 2012, de http://www.cdi.gob.mx/albergues/medicion_peso_talla.pdf
5. Girón, E. M. (2007). *Manual de Antropometría Física*. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
6. INCAP. (2012). *Guía técnica para la estandarización en procesamiento, análisis e interpretación de indicadores antropométricos según los patrones de crecimiento de la OMS para menores de 5 años*.
7. INE Instituto Nacional de Estadística . (2002). *Manual de Antropometría*. Guatemala.
8. INS Instituto Nacional de Salud. (2004). *Medición de la talla y el peso, Guía para el personal de la salud del primer nivel de atención*. Perú.
9. Kowalski, A. (2005). *Técnicas auxiliares de laboratorio*. Granada: Universidad de Granada.
10. *MikroElektronika*. (s.f.). Recuperado el 12 de Julio de 2012, de <http://www.mikroe.com/eng/chapters/view/87/libro-de-la-programacion-de-los-microcontroladores-pic-en-basic-capitulo-4-ejemplos/#c4v11>



11. Otero Valladares, P. (2007). Diseño y construcción de una balanza electrónica con interfaz gráfica para su visualización.
12. Ultreras, C. (22 de 9 de 1999). Recuperado el 12 de 8 de 2012, de <http://cabierta.uchile.cl/libros/c-utreras/node1.html>
13. *Wikipedia*. (s.f.). Recuperado el 12 de Julio de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_ultrasonico
14. *Wikipedia*. (s.f.). Recuperado el 12 de Julio de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Celda_de_carga
15. *Wikipedia*. (s.f.). Recuperado el 12 de Julio de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/EEPROM>



ANEXO A



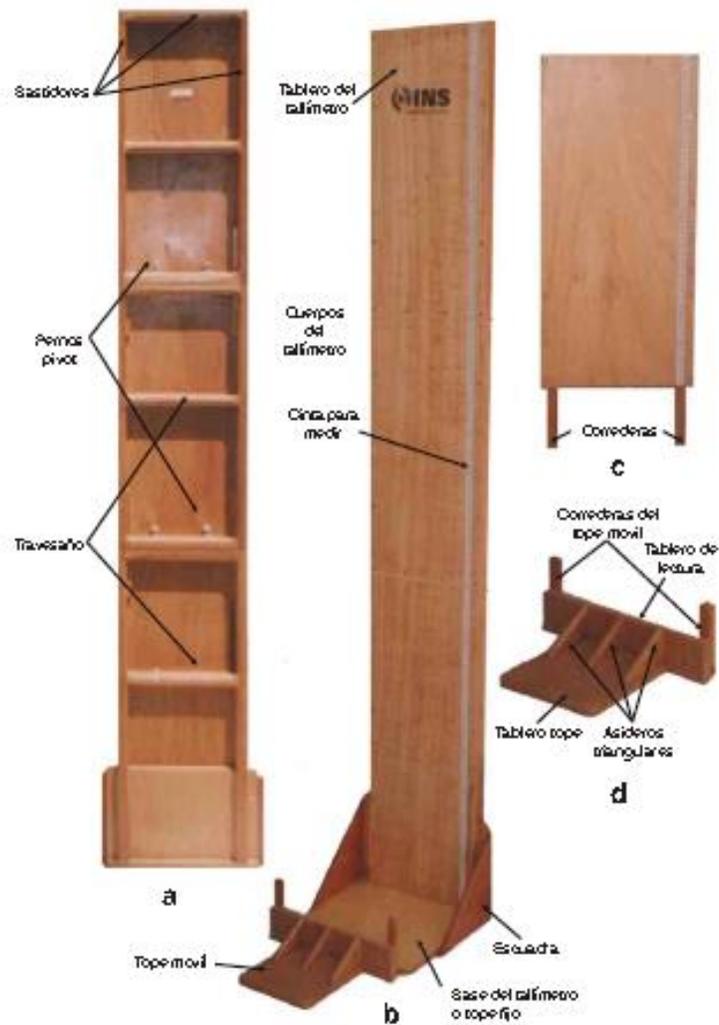
(a)



(b)

Fuente: Medición de la talla y el peso. Guía para el personal de salud de primer nivel de atención.

Comentario: Equipo convencional, (a) Báscula de plataforma. (b) Báscula electrónica.



Fuente: Medición de la talla y el peso. Guía para el personal de salud de primer nivel de atención.

Comentario: Partes de un tallímetro, empleado para medir la estatura de niños de pie.