



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

TECNOLÓGICA

Análisis Estadístico

Sistema de Rectificación Controlado

Turismo

Combustión

Hiperbentos

Zeolitas

Sigatoka Negra

Aguas Subterráneas

Contador de Ritmo Cardíaco

Conexión de un Catamarán





REVISTA TECNOLÓGICA

Una publicación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral



DIRECTOR

José Rolando Marín, Ph.D

SUPERVISION

José Luis Santos, Ph.D

COMITE EDITORIAL

Ing. Armando Altamirano
 José Luis Santos, Ph.D
 Enrique Peláez, Ph.D
 MSc. Gaudencio Zurita
 Ing. Jorge Duque
 Paúl Carrión, Ph.D

CORRECCION

José Rolando Marín, Ph.D

DIAGRAMACION Y ESTILO

Lcda. Clara Segarra de García

PORTADA

Sr. Manuel Maríño

IMPRESION

Centro de Difusión y Publicaciones
 de la ESPOL

Remitir toda correspondencia a:

Escuela Superior Politécnica del
 Litoral
 Centro de Investigación Científica y
 Tecnológica-Revista Tecnológica
 P.O. Box (09-01)5863
 Teléfonos: 2269760 - 2269761
 Tele-Fax: 2850493

DERECHOS RESERVADOS
 REGISTRO SENDIP CGU716

CONTENIDO

Págs.

Autor(es)

- | | | |
|-------|---|---|
| 4-16 | Análisis estadístico de algunas características del magisterio fiscal de la Provincia del Guayas. | Eva María Mera
Gaudencio Zurita |
| 17-21 | Diseño y construcción de un sistema de rectificación controlado aplicado a un motor DC. | Gunther Andrade,
Guillermo Eras
Jazmín Llerena
Fabricio Ordóñez
Norman Chootong |
| 22-28 | Evaluación del potencial turístico recreativo del Lago de la ESPOL. | Mishelle Cadena
Andrea Yáñez
Eduardo Cervantes |
| 29-36 | Simulación termodinámica cero-dimensional de un motor de combustión interna monocilíndrico de cuatro tiempos de encendido por chispa trabajando con gasolina. | Esteban González
Jorge Duque |
| 37-45 | Variación circadiana del hiperbentos en la playa arenosa de San Pedro de Manglaralto (Prov. Guayas, Ecuador): Estudio exploratorio. | Luis Domínguez
Nancy Fockedey |
| 46-49 | Diseño y construcción de un dispositivo para convertir un motor de combustión interna en un motor electromagnético. | Julián Asinc
Juan del Pozo
Miguel Yapur |

Continúa ▶



REVISTA TECNOLOGICA

Una publicación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral



DIRECTOR

José Rolando Marín, Ph.D

SUPERVISION

José Luis Santos, Ph.D

COMITE EDITORIAL

Ing. Armando Altamirano

José Luis Santos, Ph.D

Enrique Peláez, Ph.D

MSc. Gaudencio Zurita

Ing. Jorge Duque

Paúl Carrión, Ph.D

CORRECCION

José Rolando Marín, Ph.D

DIAGRAMACION Y ESTILO

Lcda. Clara Segarra de García

PORTADA

Sr. Manuel Mariño

IMPRESION

Centro de Difusión y Publicaciones de la ESPOL

Remitir toda correspondencia a:

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Centro de Investigación Científica y

Tecnológica-Revista Tecnológica

P.O. Box (09-01)5863

Teléfonos: 2269760 - 2269761

Tele-Fax: 2850493

DERECHOS RESERVADOS

REGISTRO SENDIP CGU716

CONTENIDO

Págs.

Autor(es)

50-57 Gestión del movimiento de tierras y aprovechamiento de las zeolitas naturales existentes en el Parque Tecnológico Campus-ESPOL. Janio Nazareno
Elizabeth Peña
Fernando Morante

58-64 Producción de anticuerpos policlonales contra el hongo causante de la Sigatoka Negra, *Mycosphaerella fijiensis*. Mauricio Sánchez
Washington Cárdenas

65-71 Estudio geoelectrico y planeamiento de explotación de aguas subterráneas en el sector de Santa Elena, Atahualpa, Ancón y Pechiche. Paola Romero
Mauricio Cornejo
Paúl Carrión

72-78 Diseño y construcción de un contador de ritmo cardiaco, basado en un principio óptico. Camilo Bustamante
Wilmo Jara
Miguel Yapur

79-88 Análisis de la estructura transversal de conexión de un catamarán de diseño local. José R. Marín

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA CONVERTIR UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA EN UN MOTOR ELECTROMAGNETICO

Julián Asinc¹, Juan del Pozo², Miguel Yapur³

RESUMEN

El proyecto consiste en modificar un motor de combustión interna de tres cilindros de tal forma que utilice energía electromagnética en lugar de energía desarrollada por un combustible derivado del petróleo. Cabe señalar que la energía electromagnética se obtiene en un proceso de conversión a partir de la energía química de una batería. El dispositivo electromagnético que proporciona el movimiento recíproco se caracteriza por el uso de electroimanes e imanes permanentes, en donde el movimiento lineal se produce por repulsión de polos iguales y por interacción de líneas de campo magnético en un medio ferromagnético. Este movimiento se transmite a cada uno de los pistones que a su vez accionan el cigüeñal lo cual se traduce en trabajo mecánico. El proyecto incluye también un circuito de control electrónico para la activación sincronizada de los electroimanes. Es importante anotar que éste es el primer proyecto desarrollado en la ESPOL que ha sido considerado para obtener una patente. El número de registro de la solicitud presentada en el Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual es SP-01-4172, en noviembre 19 del 2001. Actualmente el trámite de la respectiva patente sigue su curso normal.

1. INTRODUCCION

El uso de motores de combustión interna acarrea en la actualidad un problema de carácter mundial como es la contaminación ambiental; esto sin mencionar el agotamiento de las reservas mundiales de petróleo. Hoy en día se buscan alternativas para sustituir en el futuro el uso de combustibles no contaminantes y como ejemplo tenemos el automóvil eléctrico, el cual ya es una realidad. Pero la implementación de la tecnología del automóvil eléctrico implicaría en el peor de los casos el reemplazo total del vehículo, y en el mejor de los casos reemplazar totalmente el motor. Estos costos no podrán ser solventados por todos los dueños de vehículos. Por esta razón hay mucha motivación en desarrollar un dispositivo que permita modificar un motor de combustión interna para que opere con un tipo de energía alternativa, en lugar del uso de combustibles comunes. De esta manera, la modificación al motor que se está

presentando constituye una etapa en la transición entre el motor de combustión interna y el motor eléctrico.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende que los motores endotérmicos que funcionan con combustible derivados del petróleo puedan seguir operando con energía electromagnética y de esta manera no sean desechados. Además se aprovecha la energía electromagnética como fuente alternativa. Además, para este proyecto se investigó sobre electromagnetismo para tener una base teórica de cómo producir y controlar campos magnéticos. Fue necesario también estudiar como se transfiere la energía en los sistemas electromecánicos [1], al igual que el cálculo de arrollamientos de electroimanes y las aplicaciones de los mismos, [2], para tener las pautas necesarias para proyectar arrollamientos que satisfagan las condiciones que plantea el proyecto.

¹Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica, Profesor FIEC, ESPOL,

²M.Sc. Ing. Electricidad, Profesor FIEC, ESPOL,

³Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica, M.Sc. Ingenierí Biomédica, Profesor FIEC, ESPOL

2. CONTENIDO

Para el desarrollo del proyecto se plantearon algunas propuestas en el uso de energía electromagnética. Hasta el momento se han implementado dos prototipos los cuales se describen a continuación.

En el primer prototipo desarrollado se utiliza un electroimán fijo y un imán permanente dentro de un cilindro a manera de émbolo; el movimiento reciprocante se produce por repulsión de polos magnéticos iguales. La parte mecánica que convierte el movimiento reciprocante en movimiento rotacional conformada principalmente por bielas y cigüeñal fueron implementadas a semejanza de las piezas que se utilizan en un motor de combustión interna real, [3]. Se escogió el Aluminio como material para la construcción de las piezas mecánicas por ser este un material ligero, además de ser un pobre conductor de magnetismo (alta reluctancia).

Se sabe que un electroimán induce líneas de campo magnético, las cuales se concentran en el núcleo ferromagnético ubicado en el interior de cada bobina y se dispersan alrededor de la bobina formando un circuito magnético (camino por donde circulan líneas de campo magnético). De acuerdo a este criterio, todos los materiales utilizados para construir la parte mecánica deben ser pobres conductores de magnetismo. La razón de esta condición es

evitar que las líneas de campo magnético generadas por los electroimanes circulen por "caminos magnéticos" externos al circuito magnético. La activación sincronizada de los electroimanes se realiza con un circuito de control electrónico.

En el segundo prototipo, se utiliza un motor de combustión interna de tres cilindros que se adaptó para utilizar solamente el bloque con el cigüeñal y los respectivos pistones. Una varilla ferromagnética vertical se coloca fijamente sobre cada pistón a través de un perno de aluminio, y ésta constituye un núcleo móvil para el electroimán donde el movimiento reciprocante se produce por interacción de las líneas de campo magnético sobre el núcleo.

El sistema electromecánico comprende el uso de electroimanes de arrastre diseñados para soportar cargas alrededor de 20 Kilogramos; en la figura 1 se muestra el diagrama de un electroimán. Se puede observar en esta figura la bobina del electroimán y un núcleo móvil ferromagnético dentro de ella; el núcleo está sujeto a una varilla de aluminio (base) para transmitir el movimiento a los pistones. Se muestra también los soportes de la bobina contruidos con aluminio. Además, cada bobina está rodeada por una coraza ferromagnética laminada para proporcionar un circuito magnético y evitar en lo posible la dispersión magnética.

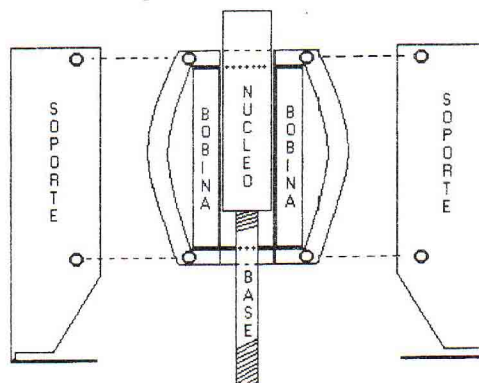


Figura 1. Diagrama de un electroimán utilizado en el segundo prototipo.

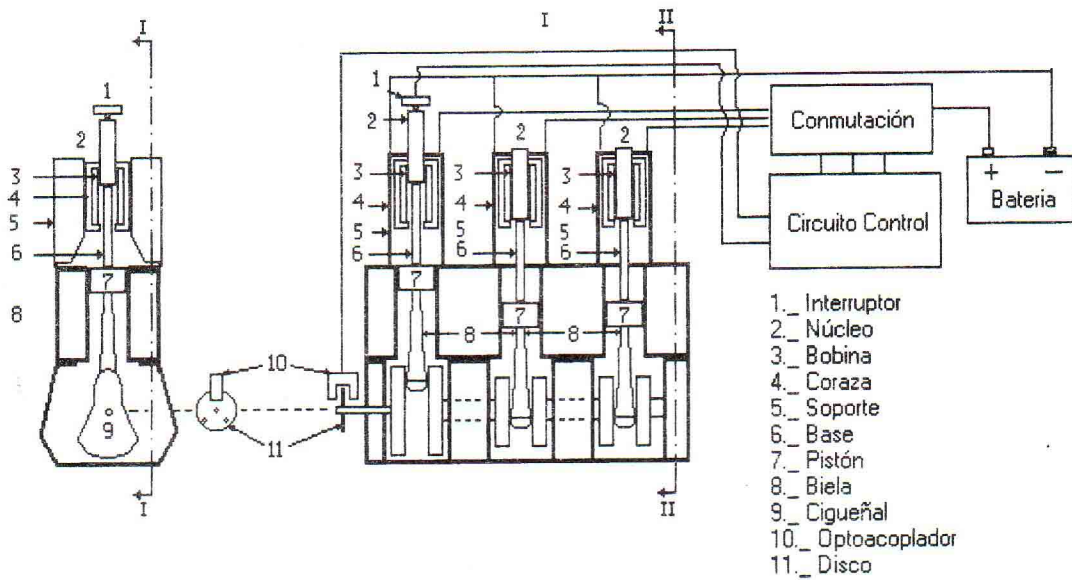


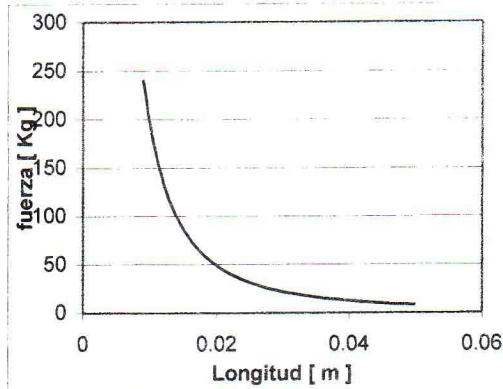
Figura 2. Diagrama del segundo prototipo

3. RESULTADOS

En lo que respecta al primer prototipo, el resultado obtenido es la comprobación a pequeña escala de la factibilidad técnica de su aplicación en un motor de combustión interna real.

En el segundo prototipo se utilizó solamente electroimanes, los cuales presentan una característica de fuerza vs. desplazamiento mostrada en la siguiente figura:

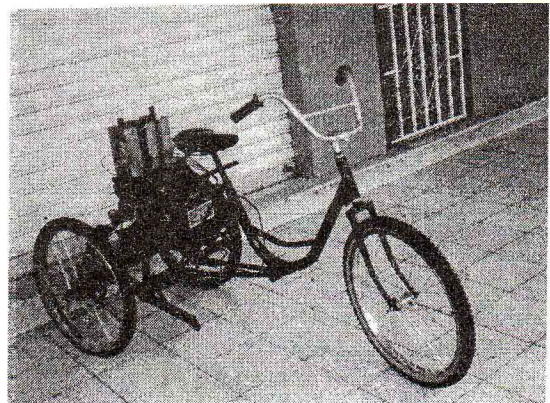
Figura 3. Fuerza ejercida sobre el núcleo.



Se observa en esta figura que la fuerza aumenta cuando el núcleo se desplaza, ocupando el

interior de la bobina. En el segundo prototipo se hicieron pruebas en vacío para determinar la velocidad angular en el eje, donde se obtuvo un valor de 250 rpm en vacío.

Figura 4. El motor instalado sobre un vehículo de 3 ruedas



4. CONCLUSIONES

Con respecto al primer prototipo se concluyó que la distancia entre las caras polares en el par electroimán imán es crítica al momento de conectar el electroimán. Si los polos están

demasiado cerca, la atracción predominante antes de la conexión, resta fuerza en la repulsión; más, si están algo alejados, la repulsión puede no ser significativa para vencer la inercia mecánica del prototipo. El prototipo muestra que el par electroimán imán funciona bien para pequeños desplazamientos.

Con el segundo prototipo (el motor real de tres cilindros) ya instalado sobre un vehículo de tres ruedas, se realizaron algunas pruebas que se describen a continuación:

1.- La primera prueba que se realizó con el vehículo fue para verificar la transmisión de potencia en vacío, y si la potencia desarrollada por el motor era suficiente para vencer la inercia del sistema. Aunque el vehículo por sí mismo era ligero, la mayor parte de la inercia provenía del peso del motor; esto provocó el frenado del mismo al primer intento.

2.- Luego se intentó el arranque del motor, pero con el vehículo en movimiento (con velocidad inicial); en este caso el vehículo se desplazó aproximadamente veinte metros antes de detenerse. Se pudo observar un decaimiento gradual del voltaje de alimentación proporcionado por la batería, la cual explica la disminución de potencia.

3.- Después se aumentó la potencia de entrada duplicando el voltaje de alimentación. Se ganó potencia para arrancar, pero los relés electromecánicos utilizados para la activación de los electroimanes se sobrecargaron.

A partir de estos resultados se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El motor a utilizar debe ser de preferencia de aluminio para minimizar la inercia en el arranque y como aislante ferromagnético. Así mismo debe tomarse en cuenta el espacio entre los cilindros para permitir el diseño de electroimanes más robustos.
- Las piezas mecánicas deben diseñarse y construirse con precisión, de preferencia con aluminio por ser un aislante de

magnetismo y el diseño con asesoría de un experto en este campo.

- Para mejorar el rendimiento del dispositivo instalado en el motor se aconseja combinar el diseño de los electroimanes con una mayor demanda de potencia y el estudio de descomposición de fuerzas tanto para el acoplamiento entre el núcleo del electroimán y el pistón utilizando un juego de palancas, como en el juego de piñones para la transmisión de potencia.

Por el momento, aunque el prototipo ya está funcionando, el dispositivo todavía está en fase de desarrollo. La experiencia y conclusiones obtenidas en el desarrollo de los dos primeros prototipos plantean la solución de un problema fundamental, mejorar el rendimiento para proporcionar la mayor autonomía posible.

Cabe señalar que este proyecto es el primer prototipo diseñado y construido en la ESPOL que se encuentra en proceso de obtención de una patente industrial de invención en el Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual (IEPI), su número de aplicación es SP-01-4172.

REFERENCIAS:

[1] J. Asinc, "Diseño y Construcción de un dispositivo para convertir un Motor de Combustión Interna en un Motor Electromagnético" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002)

[2] Croft Terrel, Tratado de Electricidad Práctica, 4^a Edición traducida al español, México DF, 1940, pp. 124-298.

[3] Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Massachussets, Circuitos magnéticos y transformadores, 1^{ra} Edición, New York, 1943, pp. 114-121.

[4] Giacosa Dante, Motores Endotérmicos, 3^{ra} Edición traducida al español, Barcelona, 1970, pp. 1-20 120-128 158-162 201-230.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN CONTADOR DE RITMO CARDIACO, BASADO EN UN PRINCIPIO OPTICO

Camilo Bustamante¹, Wilmo Jara², Miguel Yapur³

RESUMEN

En el presente artículo se resume el proceso de diseño y construcción de un contador del ritmo cardíaco, el cual es un dispositivo que sirve para cuantificar la cantidad de pulsos o latidos cardíacos de una persona en un minuto. Este dispositivo es desarrollado a partir del análisis de la duración del período de una muestra de ocho pulsos. La forma en que se adquiere la señal desde el cuerpo humano es la misma que se utiliza en los dispositivos similares que se encuentran en el mercado; lo que difiere en este diseño es la forma en que se procesa y se analiza la muestra, para finalmente obtener un valor del parámetro sensado. El dispositivo diseñado tiene incorporada una pinza (portadora de un par emisor - sensor infrarrojos), en la que el individuo interesado en tomarse la medición deberá ingresar el dedo índice, tomándole al aparato aproximadamente 8 segundos para registrar un valor. El diseño del dispositivo se lo ha dividido básicamente en dos partes, una analógica y otra digital. El circuito analógico consta de la pinza receptora, una etapa de filtrado y amplificación y, un sistema de comparadores que transforman la señal analógica en una digital. La etapa digital se compone básicamente de una máquina secuencial asincrónica, cuyo elemento principal es un conjunto de EEPROMs y un arreglo de contadores que se encargan de mostrar la cuenta de los pulsos en un sistema de indicadores. Finalmente, se presenta un análisis de las ventajas que presenta el utilizar este dispositivo en lugar del método manual tradicional de los doctores o inclusive de otros dispositivos que realizan esta misma función y que se encuentran en el mercado.

1. INTRODUCCION

El presente trabajo trata del diseño de un contador de ritmo cardíaco, el cual es un dispositivo capaz de cuantificar la cantidad de pulsos o latidos cardíacos que tiene una persona por minuto; este parámetro se lo determina a partir del análisis de la duración del período de una muestra de ocho pulsos. La forma en que se adquiere la señal del cuerpo humano es la misma que se utiliza en el resto de dispositivos de este tipo que se encuentran en el mercado; lo que cambia es la forma en que se procesa y analiza la muestra a fin de obtener un valor en los indicadores visuales.

2. CRITERIOS Y CONCEPTOS APLICADOS PARA DESARROLLO DEL DISPOSITIVO

Como ya se mencionó, este proyecto tiene el objetivo de medir la cantidad de latidos cardíacos que tiene una persona por minuto, y para lograr esto primero debe recoger alguna señal del cuerpo. Con este fin se utilizan un par emisor-detector de infrarrojos; uno es el transmisor y otro el receptor, los que captan las variaciones en la cantidad de sangre que fluye a través de los capilares, con cada latido cardíaco. Esta señal será luego procesada y preparada para su posterior análisis. Dado que la señal proviene del cuerpo, en esta parte se presentan ciertos conceptos sobre el sistema circulatorio y su relación con la frecuencia cardíaca. Se tratará de guardar en todo momento relación con el dispositivo desarrollado.

^{1,2} Ingeniero en Electricidad especialización Electrónico

³ Ingeniero en Electrónica, M.Sc. en Ingeniería Biomédica, Profesor de la FIEC, ESPOL

Principio de funcionamiento del dispositivo

Podemos decir que el funcionamiento de la máquina en diseño se basa en la aplicación de dos criterios. El primero se lo aplica para recoger la señal del cuerpo, mientras el segundo es el que se aplica para que una vez obtenida la señal, analizarla y posteriormente poder cuantificar la cantidad de latidos por minuto.

El primer criterio de diseño, como ya se mencionó, trata de la utilización de dos elementos infrarrojos, uno transmisor y otro receptor; ambos van ubicados en la base de una pinza, donde introducirá el dedo la persona a tomarse la medición. Cuando la persona introduce el dedo en la pinza, el receptor captará la luz infrarroja, emitida por el diodo emisor y transmitida a través de la parte palmar del dedo que esté en contacto con ambos elementos, [2]. Esta pequeña cantidad de luz infrarroja que llega al receptor se conduce a través de la piel, músculo, terminales nerviosas, capilares y tejido celular subcutáneo. La mayor parte de estos factores se mantienen constantes y no varían; es la sangre que fluye a través de los capilares y que varía con el tiempo, de acuerdo al ritmo cardiaco, [3], la que hace cambiar la cantidad de luz que percibe el receptor. Una vez captada la señal, es filtrada y amplificada aproximadamente unas 1000 veces; luego ingresa a un comparador, y a la salida de éste entra a un transistor conectado como conmutador. De aquí se obtiene una señal digital, cuyos valores varían entre 0 y 5 voltios. Esta señal es un tren de pulsos, donde cada pulso corresponde a un latido y por ende, la frecuencia de éstos corresponderá a la frecuencia cardiaca. Así, se puede obtener una señal digital que responde al ritmo cardiaco de la persona que está siendo auscultada. En este punto, la señal ya está lista para ser ingresada al circuito digital que la analizará y cuantificará.

A continuación se referirá al segundo criterio, que trata del método utilizado para analizar la señal, y poder finalmente cuantificar la cantidad de latidos por minuto a partir de la muestra tomada. El procedimiento se basa en cuantificar la duración del periodo de ocho pulsos (cuando se habla de pulso, se refiere a un alto y un bajo, es decir un ciclo), para esto se utiliza un sistema de contadores. Esto se lo puede apreciar en la figura 1: cuando se presiona el botón INICIO, el

circuito digital está listo para procesar la señal inmediatamente después de detectar el primer flanco de bajo a alto; cuando ocurre esto, se inicia la cuenta de dos contadores, el primero de ellos tiene por señal de reloj la que se está analizando, es decir, llevará la cuenta de cuantos pulsos han ingresado al sistema desde que se presionó el botón INICIO. El segundo contador, recibe la señal de reloj de un circuito oscilador 555, cuya frecuencia se ha fijado en 400 hz; este contador inicia su cuenta en el mismo instante que el primero, y termina cuando han transcurrido ocho pulsos desde que se presionó el botón INICIO. Esto implica que al final de este proceso, el primer contador mostrará a sus salidas el ocho, mientras el otro (que está formado por un grupo de contadores en cascada), tendrá a sus salidas un número en binario, que ingresará a un sistema de memorias EPROM, que tienen cargado un programa, que convierte este número en la cantidad de latidos por minuto que corresponde y que será mostrada finalmente en los indicadores.

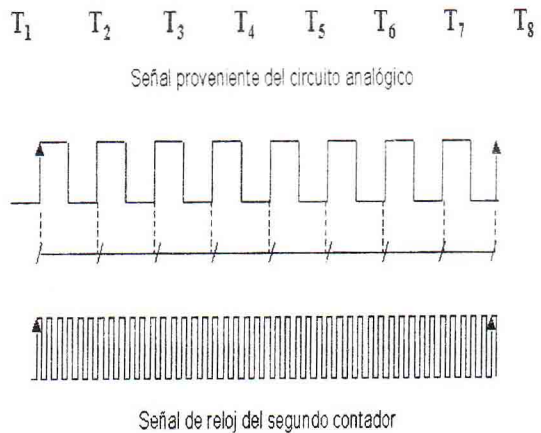


Figura 1.- Señales de Reloj que entran a los contadores

Diagrama de bloques del circuito

A continuación se muestra el diagrama de bloques del circuito:

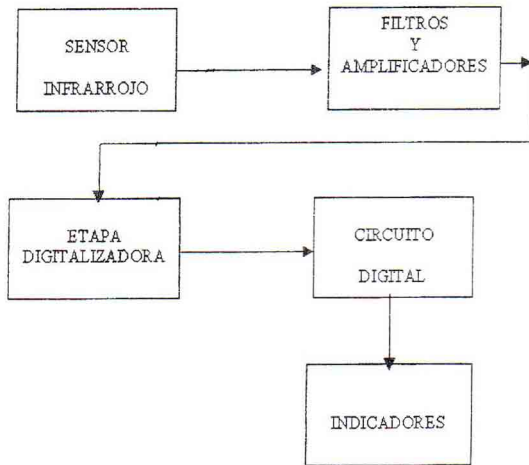


Figura 2.- Diagrama de Bloques del Circuito

3. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO ANALÓGICO

A continuación se desarrollará un análisis detallado del circuito analógico diseñado con la finalidad de procesar la señal. Primero se muestra un diagrama de bloques del circuito, para a continuación profundizar en la descripción de las diferentes etapas de este.

Diagrama de bloques del circuito analógico

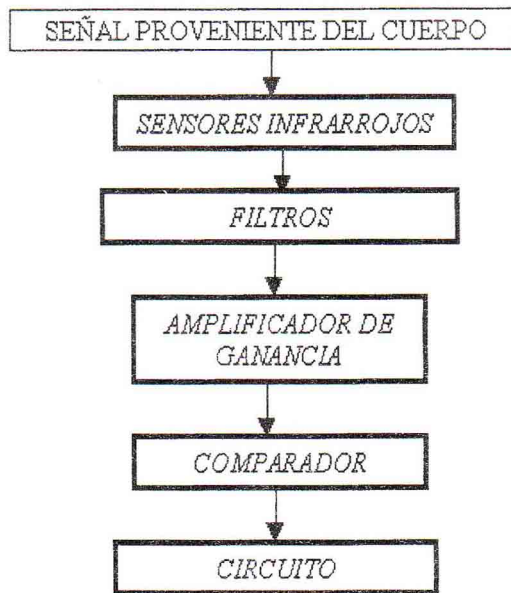


Figura 3.- Diagrama de Bloques del circuito analógico

En la figura 3, se puede apreciar el diagrama de bloques del circuito analógico, en el que se describen las diferentes etapas que intervienen en el procesamiento de la señal.

La señal obtenida del sensor infrarrojo, es acoplada al sistema de filtros y amplificadores mediante un seguidor unitario, [5], y luego esta señal ingresa al primer filtro. Este es un pasabanda, que da una ganancia de 10 para aquellas componentes de la señal cuya frecuencia cae dentro del rango admitido por el filtro.

La señal proveniente del seguidor unitario ingresa al primer filtro amplificador. En este circuito R_1 y C_1 trabajan como filtros pasa altos, mientras que R_2 y C_2 trabajan como pasa bajos. La función de transferencia del circuito es como sigue:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{JWC_1 R_2}{(JWR_1 + 1)(JWR_2 + 1)}$$

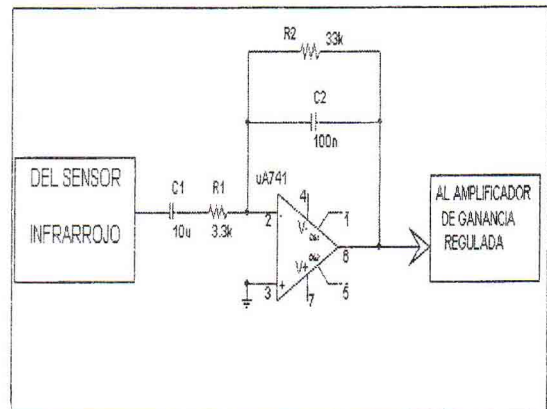


Figura 4.- Circuito filtro-amplificador

Haciendo el diagrama de Bode de la función de transferencia arriba indicada, se obtiene:

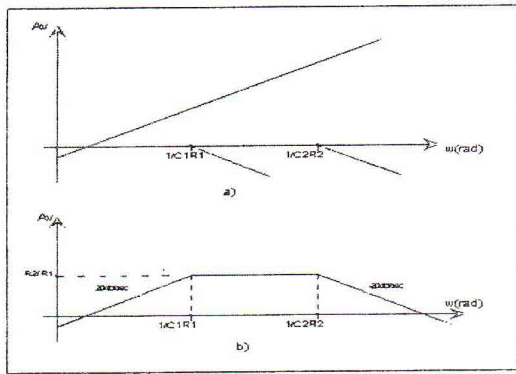


Figura 5.- a) Gráfico de polos y ceros de la Función de transferencia; b) Gráfico resultante de la suma de polos y ceros para un amplificador.

Observando el diagrama de Bode, se puede notar que la frecuencia de corte superior es:

$$f_H = 1/2\pi R_2 C_2$$

$$f_H = 4.82 \text{ Hz,}$$

mientras que la frecuencia de corte inferior es:

$$f_L = 1/2\pi R_1 C_1$$

$$f_L = 0.482 \text{ Hz}$$

Del mismo gráfico de Bode, se puede observar que los filtros dan una atenuación de 20 db/dec, para aquellas frecuencias que caen fuera del rango del pasabanda. Es por esta razón que se conectaron dos pasabandas idénticos en cascada, y así se obtiene un filtrado de 40 db/dec, [4], lo que convierte al conjunto en un filtro de mejor calidad (Figura 6).

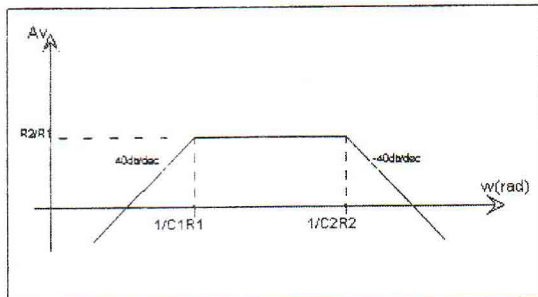


Figura 6.- Gráfico de la función de transferencia para los dos amplificadores conectados en cascada.

Como se puede deducir, para aquellas frecuencias que caen dentro de la banda permitida, la función de transferencia es:

$$V_o = \frac{R_2 V_1}{R_1}$$

Dado que la relación de R_2 con R_1 es de 10:1, cada filtro ofrecerá una ganancia de diez, para aquellas frecuencias que caen en el rango permitido. Dado el hecho de que se tienen dos filtros idénticos conectados en cascada, la ganancia total de ésta etapa será de 100. Un hecho importante en el diseño del circuito y que se debe enfatizar es el por qué se consideró fijar las frecuencias de corte tanto superior como inferior en los valores antes mencionados. Dichos números fueron establecidos de una forma empírica: se colocó en primera instancia un filtro variable y se empezó a cambiar el valor de la frecuencia de corte, hasta que se consiguió la señal más estable posible. De esta manera se determinaron los valores antes indicados.

4. ETAPA DIGITAL DEL CONTADOR DE RITMO CARDIACO

Como se mencionó en el punto 1, el dispositivo diseñado consta de dos etapas, una analógica y otra digital. En este punto se describirán las consideraciones que se tomaron para el diseño de esta como una máquina secuencial asincrónica, con una explicación de su funcionamiento, el análisis de sus entradas, salidas, señales de control y limitantes; también se presentará un diagrama de bloques y esquemático. Se describirán también los análisis desarrollados para escoger una frecuencia de conteo y el número de pulsos a ser muestreados para arrojar un valor del número de pulsos por minuto con un error aceptable. Para mayores detalles se puede consultar la referencia [1], en donde también se puede encontrar el diagrama ASM, con sus señales de control, la frecuencia de su reloj y los diagramas de tiempo.

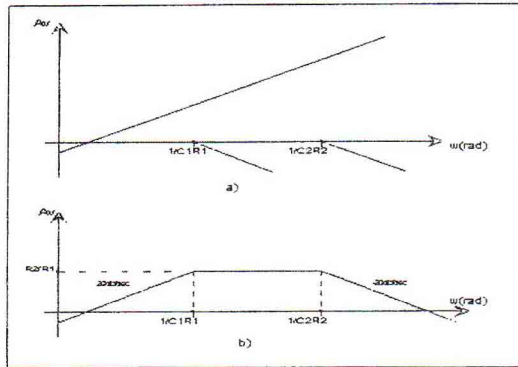


Figura 5.- a) Gráfico de polos y ceros de la Función de transferencia; b) Gráfico resultante de la suma de polos y ceros para un amplificador.

Observando el diagrama de Bode, se puede notar que la frecuencia de corte superior es:

$$f_H = 1/2\pi R_2 C_2$$

$$f_H = 4.82 \text{ Hz,}$$

mientras que la frecuencia de corte inferior es:

$$f_L = 1/2\pi R_1 C_1$$

$$f_L = 0.482 \text{ Hz}$$

Del mismo gráfico de Bode, se puede observar que los filtros dan una atenuación de 20 db/dec, para aquellas frecuencias que caen fuera del rango del pasabanda. Es por esta razón que se conectaron dos pasabandas idénticos en cascada, y así se obtiene un filtrado de 40 db/dec, [4], lo que convierte al conjunto en un filtro de mejor calidad (Figura 6).

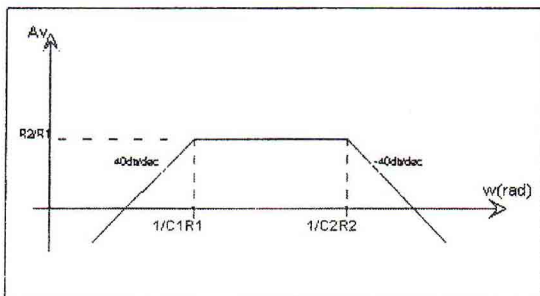


Figura 6.- Gráfico de la función de transferencia para los dos amplificadores conectados en cascada.

Como se puede deducir, para aquellas frecuencias que caen dentro de la banda permitida, la función de transferencia es:

$$V_o = \frac{R_2 V_1}{R_1}$$

Dado que la relación de R_2 con R_1 es de 10:1, cada filtro ofrecerá una ganancia de diez, para aquellas frecuencias que caen en el rango permitido. Dado el hecho de que se tienen dos filtros idénticos conectados en cascada, la ganancia total de ésta etapa será de 100. Un hecho importante en el diseño del circuito y que se debe enfatizar es el por qué se consideró fijar las frecuencias de corte tanto superior como inferior en los valores antes mencionados. Dichos números fueron establecidos de una forma empírica: se colocó en primera instancia un filtro variable y se empezó a cambiar el valor de la frecuencia de corte, hasta que se consiguió la señal más estable posible. De esta manera se determinaron los valores antes indicados.

4. ETAPA DIGITAL DEL CONTADOR DE RITMO CARDIACO

Como se mencionó en el punto 1, el dispositivo diseñado consta de dos etapas, una analógica y otra digital. En este punto se describirán las consideraciones que se tomaron para el diseño de esta como una máquina secuencial asincrónica, con una explicación de su funcionamiento, el análisis de sus entradas, salidas, señales de control y limitantes; también se presentará un diagrama de bloques y esquemático. Se describirán también los análisis desarrollados para escoger una frecuencia de conteo y el número de pulsos a ser muestreados para arrojar un valor del número de pulsos por minuto con un error aceptable. Para mayores detalles se puede consultar la referencia [1], en donde también se puede encontrar el diagrama ASM, con sus señales de control, la frecuencia de su reloj y los diagramas de tiempo.

Tabla I

ELEMENTO	NUMERO	COSTO
Memoria EPROM 2732	3	30.00
Memoria EPROM 2716	1	10.00
Display	3	4.80
Contadores 74161	4	4.00
Comparador 7485	1	1.00
Puerta AND 7408	1	1.00
FF TIPO D 74175	2	2.00
Temporizador 555	1	0.60
Inversores 7414	1	1.00
Pulsadores	2	0.60
LEDS	2	0.20
Resistencias	20	2.00
POT	2	1.00
Capacitores	9	1.80
Op-amp 741	1	0.60
LEDs infrarrojos	2	0.64
Integrado TL084	1	1.00
Transformador 110/24	1	4.00
Reguladores	3	1.80
Tarjeta perforada	2	2.00
Caja metálica	1	10.00
Pinza FINGER PROBE	1	10.00
Disipador	1	0.40
Tomacorriente	1	0.50
Cable de alimentación	1	1.00
Interruptor	1	0.50
TOTAL		92.44

6. CONCLUSIONES

Luego de realizar diferentes tipos de pruebas se puede garantizar que el dispositivo diseñado entrega valores bastante confiables. El mayor porcentaje de error se encontró debido a una mala posición del dedo de la persona auscultada, sobre todo cuando no lo introduce lo suficiente en la pinza, o cuando realiza algún movimiento brusco, mientras el dispositivo está muestreando la señal.

A pesar de que se trató de reducir al mínimo este problema, colocando la pinza en la cavidad con los sensores, se debe decir que el sistema de medición se puede ver afectado por este tipo de alteraciones.

La principal razón por la que el sistema diseñado introduce poco error, se debe al método utilizado para cuantificar la muestra. En lugar de contar un determinado número de pulsos en un intervalo de tiempo específico y luego multiplicarlo por un factor que permita determinar la cantidad de pulsos por minuto, en este diseño se analiza el tiempo de duración de una muestra, es decir, se contabiliza el tiempo que tarda un número determinado de pulsos, en este caso ocho, y luego se lleva a una proyección de 60 segundos. Con el primer método siempre se obtiene un múltiplo del factor por que se efectúa la multiplicación, mientras con el que aquí empleado se pueden lograr todos los valores posibles, con un margen de confianza alto.

Con la finalidad de hacer un análisis en lo referente a costos, se comparó el dispositivo diseñado con otros que se venden en el mercado y que realizan la misma función. Se determinó que el dispositivo aquí diseñado es mucho más barato. Esto es algo esperado y comprensible, a pesar de que, como todo prototipo el valor de su elaboración es mucho más elevado que cuando se producen en una mayor cantidad.

Además es posible abaratar mucho más el costo de producción, así como el consumo de energía y reducción del tamaño del dispositivo, utilizando un microcontrolador. Este no fue implementado en nuestro contador actual, porque para poder desarrollar y perfeccionar lo que sería la implementación de un integrado microcontrolador, hubiera tomado mucho más tiempo, y por ello, se prefirió utilizar principalmente las herramientas y conocimientos ya disponibles.

Los resultados obtenidos nos permiten vislumbrar que la vida profesional puede ser una constante investigación y esfuerzo por poner en práctica ideas que tengan aplicaciones y que puedan ser aprovechadas en beneficio de la comunidad.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Jara, W., y, Bustamante, C., "Diseño y Construcción de un contador de ritmo cardíaco, basado en un principio óptico", Tópico de Graduación, Facultad Ingeniería Eléctrica, ESPOL, 2001
- [2] Carr J., y Brown, J., Introduction to Biomedical equipment technology, John Wiley & Sons, 1985
- [3] Tortora, G., Principios de Anatomía y Fisiología, Quinta Edición, Editorial Harla, 1989.
- [4] Coughlin, R., y, Driscoll, F., Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1982.
- [5] Boylestad, R., y, Nashelsky, L., Electrónica Teoría de Circuitos, Prentice Hall Hispanoamericana, 1994.
- [6] Dirección en Internet::
www.search.pdf.acrobat.com
- [7] Von Maltzahn, W., y Yapur M., Medical Electronics. ESPOL, Guayaquil, 1987