



## DESARROLLO DE UNA MANO ROBÓTICA CON CAPACIDAD DE MANIPULACIÓN

(Develop a robotic hand that will have the capacity of imitate a human hand by playing musical pieces on a digital piano)

**Iván Pérez**

Universidad "Valle Del Momboy" - Venezuela/Estado - Trujillo

**Hellyss Mendoza**

Universidad "Valle Del Momboy" - Venezuela/Estado - Trujillo

### RESUMEN

El área que ocupa la presente investigación está relacionada con la robótica, con los tipos de robots autónomos y androide; son autónomos o inteligentes debido a que procesa la información; convirtiéndose en más evolucionados porque ellos responde de acuerdo al ambiente en que se presente sin la intervención del hombre o con una pequeña intervención y androide por que se tratara de imitar una parte del cuerpo humano. Para llevar a cabo un robot con dicha característica es necesario trabajar en el sistema mecánico del mismo teniendo en cuenta la cantidad de articulaciones que permite la movilidad y el control de la misma, se trabaja con la electrónica, que admite controlar el robot y procesar la información para que su respuesta sea la correcta; este estudio, se planteó como objetivo general desarrollo de una mano robótica con capacidad de manipulación que permita imitar la mano humana tocando piezas musicales en un piano digital, para el abordaje metodológico se aplicó la metodología y herramientas para el diseño de sistemas digitales, diseños de circuitos y sistemas electrónicos.

**Palabras claves:** Robots, Robots autónomos, Robots androide, Articulaciones.

### Summary

The area that occupies the present investigation is related to the robotics and the independent types of robots and androids. The robots are independent or intelligent because they process information becoming the most evolved; they respond according to the environment in which they come into without the intervention of man or with small intervention. They are also androids because they imitate human body parts. In order to create a robot with these characteristics it is necessary to work in the mechanical system of the same one considering the amount of joints that will allow the mobility and control. The electronic will be use in this project to allow the control of the robot and also to process information so that the answer of the robot comes out correct. The purpose of this project and investigation is to develop a robotic hand that will have the capacity of imitate a human hand by playing musical pieces on a digital piano. In this project was applied the methodology and tools for the designing of digital systems, circuit systems and electronic systems.

**Key words:** robots, independent robots, android robots, joints.



## INTRODUCCIÓN

En lo viejos sistema de automatización de la industria manufacturera surgidos a la par del desarrollo mundial, se podía observar que hay diversas formas de diseñar y modelar los diversos dispositivos de trabajo al pasar del tiempo, se habla de los autómatas instrumentos que realizan las tareas repetitivas, pesadas o difíciles de realizar por el ser humano; en la actualidad ha surgido un nuevo nombre robots, que eran conocidos como autómatas, la robótica es considerada hoy como una rama de la ciencia que se ocupa del estudio, desarrollo y aplicaciones de lo robots

En función a ello, en el diseño de un robot que debe ajustarse a un sistema automatizado se debe tener conocimientos de programación, hardware y electrónica unidas estas tres ramas y sabiendo los requerimientos para el buen funcionamiento de este, se lograra idear un robot que pueda cumplir con las necesidades de un sistema autónomo y de esta forma aumentar la productividad y conseguir productos acabados de una calidad uniforme.

Los robots que imitan alguna parte del cuerpo son llamados androides esta parte de la robótica es la que se relaciona con la biotecnología ya que los científicos que abarcan esta área busca la forma de mejorar las condiciones de vida y de ayudar a los discapacitados a continuar con una vida normal convirtiéndose en un área de gran interés para la comunidad.

En función a esto, el auge de la robótica es algo inevitable y que va en aumento buscando nuevas tecnologías y materiales para ser usadas en ella logrando eficacia y control de los procesos a desarrollar, un entorno de trabajo mas flexible y a un menor coste de producción, como también buscando la forma de que este intervenga en todas las áreas posibles en la que sea requerida.

Fundamentalmente, la evolución de la ciencia hace necesario que las entidades de educación superior promuevan la participación de la comunidad universitaria, es decir, alumnos y profesores en la investigación y aplicación de la robótica para ser innovadores en esta área para hacer de la universidad una institución de alta competitividad.

En este sentido se presenta la robótica como una alternativa para ser aplicada en la industria manufacturera para solucionar los problemas que se presentan en la automatización, como lo es en mecanismos repetitivos de alto riesgo que realice las manos de los empleados, en función a esta premisa el presente trabajo se ha planteado como objetivo desarrollar una mano robótica con capacidad de manipulación.

En el trabajo reintegran todas las disciplinas mencionadas, el software que permitirá al PIC ser el sistema de control de movimientos, el hardware donde se determina el material y como será ensamblado para su mejor funcionamiento y la electrónica me permitirá enviar la información del PIC al hardware para que realice los movimientos.



En función a lo expuesto, el presente trabajo se estructura en cinco componentes a saber: La razón de ser de la investigación, se expone las bases teóricas que sustentan el trabajo, se presenta la metodología herramientas para el diseño de sistema digitales, diseños de circuitos y sistemas electrónicos. Ingeniería electrónica, se demuestra el abordaje de la metodología, se ostenta las conclusiones y recomendaciones. Finalmente se presentan las referencias bibliográficas y los anexos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hombre siempre ha buscado mejorar su forma de vida y protegerlo, en todas las áreas en donde se desenvuelve, en especial en aquellas actividades en el cual tiene que realizar fuerza o en acciones repetitivas para llevar a cabo una actividad, dichas actividades después de un tiempo pueden causar enfermedades, es por ello que se crearon los autómatas nombre que recibieron las maquinas que realizaban el trabajo forzoso los cuales eran elaborados con materiales moldeables, económicos y poco trabajados, con los avances de la tecnología estas maquinas fueron mejorando en material, precisión e integrándose en muchas de las áreas en que el hombre interviene; dándoles el nombre de robot hoy día, logrando así unir la parte mecánica con un sistema de control para que realice las tareas de manera independiente como moverse, manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interactúan con su entorno.

Inmersos en la era de la informatización, la imperiosa necesidad de aumentar la productividad y mejorar la calidad de los productos, ha hecho insuficiente la automatización industrial rígida, dominante en las primeras décadas del siglo XX, que estaba destinada a la fabricación de grandes series de una restringida gama de productos. Hoy día, más de la mitad de los productos que se fabrican corresponden a lotes de pocas unidades.

El concepto que existía sobre automatización industrial se ha modificado profundamente con la incorporación al mundo del trabajo del robot, que introduce el nuevo vocablo de "sistema de fabricación flexible", cuya principal característica consiste en la facilidad de adaptación de este núcleo de trabajo, a tareas diferentes de producción.

La robótica es la ciencia que estudia, el desarrollo y las aplicaciones de los robots; esta disciplina utiliza todas aquellas actividades relacionadas con el estudio, diseño, construcción y operación de los mismos. En un robot también intervienen varias disciplinas, entre las cuales se pueden mencionar Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Computación, Biología, Neurociencia, Matemática, Física, entre otras, todo ello dependiendo del lugar en que se desenvuelva.

Los robot se encuentran clasificados de acuerdo a su aplicación y la estructura, entre ellos se encuentran androides, siendo estos aparatos que se parecen y actúan como seres humanos; móviles están provistos de patas, ruedas u orugas que los capacitan para desplazarse de acuerdo a su programación; industriales son



artilugios mecánicos y electrónicos destinados a realizar de forma automática determinados procesos de fabricación o manipulación; médicos prótesis para disminuidos físicos que se adaptan al cuerpo y están dotados de potentes sistemas de mando; teleoperadores se controlan remotamente por un operador humano; poli articulados bajo este grupo están los robots de muy diversas formas y configuraciones cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios; híbridos estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas.

En este sentido, la robótica ha cobrado un gran auge en el área de las industrias manufactureras ya que al automatizar la mayoría de los sistemas ha permitido que se beneficie la empresa como también los empleados de la misma, debido a que este permite que exista una reducción laboral, incremento de la utilización de las máquinas, flexibilidad productiva, mejoramiento de la calidad, disminución de pasos en el proceso de producción, mejoramiento de las condiciones de trabajo, reducción de riesgos personales, mayor productividad, ahorro de materia prima, energía y flexibilidad total.

En función a lo expuesto es importante recalcar que todavía existen trabajos industriales en donde las manos del hombre son elemento esencial para el acabado de una producción debido a la precisión y flexibilidad que esta posee; pero se encuentran en peligro ya que al realizar tareas repetitivas pueden ocasionar lesiones.

Es por ello que las investigaciones y desarrollos de robots que posee cualidades a las extremidades del ser humano, han obtenido gran interés no solo por el ámbito industrial sino también por la medicina, que están buscando la forma de ayudar a las personas que se encuentran discapacitadas para que pueda elaborar todas las actividades que fueron interrumpidas por la falta de dicho miembro.

Luego de todo lo expuesto, se concluye que para el desarrollo de un robot parecido a una mano se requiere unir varios conocimientos como son la electrónica, mecánica, informática y ciencias humanas; el estudio de todos los posibles materiales que puedan ser utilizados para el desarrollo de esta teniendo en cuenta la flexibilidad, el peso y el costo para poder que tal creación se encuentre disponible para aquellas empresas que requieren de tal proyecto.

Tomando cuenta todo lo anteriormente expuesto la presente investigación pretende:

### **Formulación del problema**

Desarrollar una mano mecánica que permitirá tocar piezas de piano, siendo para esta actividad necesaria la precisión de tiempo para llevar a cabo los movimientos, y así la pieza emitida sea de agrado a las personas que escuchan dicha tonada.



### **Sistematización del Problema**

- ¿Qué movimientos realizara la mano robótica?
- ¿Cuáles son los materiales más propicios para realizar la mano robótica?
- ¿Como diseñar y construir la electrónica del dispositivo móvil utilizando un Microcontrolador y motores paso a paso?
- ¿Como diseñar y construir la mecánica del dispositivo móvil?
- ¿Como definir el protocolo de comunicaciones niveles físico y de enlace?
- ¿Como diseñar y desarrollar el software en el ordenador de control que abarque las funciones de monitorización, interfaz de usuario, control del robot e inteligencia del sistema?

### **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Objetivo General:**

Desarrollar una mano robótica con capacidad de manipulación que permita imitar la mano humana tocando piezas musicales en un piano digital.

#### **Objetivo Específicos:**

1. Describir los movimientos que realizara la mano robótica.
2. Determinar los materiales más propicios para realizar la mano robótica.
3. Diseñar y construir la electrónica del dispositivo móvil utilizando un Microcontrolador y motores.
4. Diseñar y construir la mecánica del dispositivo móvil.
5. Definir el protocolo de comunicaciones niveles físico y de enlace.
6. Diseñar y desarrollar el software en el ordenador de control que abarque las funciones de monitorización, interfaz de usuario, control del robot e inteligencia del sistema.

### **JUSTIFICACIÓN**

Desde el punto de vista teórico, la investigación se justifica por cuando se tiene conocimiento de que la robótica es una disciplina con sus propios fundamentos y sus leyes, donde se asocian las aportaciones de la automática, la informática y la inteligencia artificial, así como también las disciplinas de la mecánica, la electrónica, logrando todas estas la creación de un robot. Además la robótica es una tecnología



multidisciplinar, que hace uso de todos los recursos de vanguardia de otras ciencias afines, que soportan una parcela de su estructura.

El auge de la Robótica y la imperiosa necesidad de su implantación en numerosas instalaciones industriales, requiere el concurso de un buen número de especialistas en la materia.

Desde el punto de vista práctico y tecnológico hay aspectos de construcción (mecánica, electrónica), y de gestión (control, programación). Es por ello que la elaboración de esta mano robótica requiere todo lo ya expuestos para ser utilizada en la industria manufacturera, favoreciendo la calidad de la producción, mejoramiento de las condiciones de trabajo y reducción de riesgos personales. Y ser el principio de la biotecnología en el Estado Trujillo.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación requiere de una metodología que permita documentar las distintas fases de la investigación ya que para lograr el funcionamiento de la mano robótica se requiere de aportes de distintas áreas disciplinarias como son la de realizar un software para controlar la mano, de este enviara información a una tarjeta electrónica que permitirá activar el mecanismo del hardware para llevar a cabo los movimientos requeridos de la mano robótica.

Es por ello que la metodología a utilizar en esta investigación debe constar con fases que permita documentar los pasos llevados en cada una de ellos, software, electrónica y hardware. Se emplea la metodología y herramientas para el diseño de sistemas digitales, diseños de circuitos y sistemas electrónicos. Metodológicamente brindará la oportunidad de utilizar técnicas, métodos e instrumentos novedosos durante la investigación.

## **MARCO METODOLÓGICO**

Los lenguajes de descripción Hw (HDL) son similares a los lenguajes de descripción software (HLL) (C- Verilog, Ada-VHDL). Los HDLs son lenguajes de alto nivel que definen hardware:

Modelan componentes para su simulación.

Describe el diseño de un circuito para su implementación física.

### **Niveles de abstracción del modelo con VHDL**

*Nivel de abstracción:* grado de detalle con que se define una descripción HDL respecto a su implementación física.

**Los HDL no abordan el nivel físico de abstracción y se dividen en 3 niveles:**



*Funcional o comportamental:* sistema como una relación funcional entre entradas y salidas.

*Arquitectura o de transferencia de registros (RI):* partición en bloques funcionales y planificación de las acciones a realizar.

*Lógico o de puertas:* los bloques funcionales se expresan en términos de ecuaciones lógicas o elementos básicos.

### **Factores que caracterizan la precisión de una descripción HDL**

*Precisión en la temporización:* retardo de los componentes básicos y conexiones.

*Tipos de datos:* desde los más abstractos definidos por el usuario hasta el más básico, el bit.

### **Estilos descriptivos del modelo HDL**

**Algorítmico:** descripción similar a los programas software que reflejan la funcionalidad del módulo, componente o circuito.

**Flujo de datos:** descripción basada en ecuaciones y expresiones que reflejan el flujo de información y las dependencias entre datos y operaciones.

**Estructural:** se dan directamente los componentes por su referencia y sus conexiones a través de puertos de entrada/salida.

Correlación entre niveles de abstracción y estilos descriptivos. En HDL conviven distintos estilos y niveles de abstracción para las distintas partes de un diseño.

### **El lenguaje VHDL**

El lenguaje VHDL (Very high speed Hardware Description Language) fue promovido en 1982 por el DoD, para la especificación y documentación de los sistemas electrónicos digitales. En 1987 fue estandarizado por IEEE (IEEE-1076) (VHDL-87). En 1993 fue revisado por IEEE (V1-IDL-93). En la actualidad es, junto con Verilog, el HDL de referencia en el área industrial, así como en las tareas de investigación y educación.

### **Objetos, tipos de datos y operadores**

#### **Elementos léxicos**

**IDENTIFICADORES:** nombre de elementos en VHDL No hay longitud máxima. Caracteres 'A' a 'Z', 'a' a 'z', 'O' a '9' y el carácter subrayado. No hay diferencia entre mayúsculas y minúsculas. Deben empezar por un carácter alfabético no pueden terminar con subrayado y no pueden tener dos subrayados seguidos. No se permite utilizar palabras reservadas



**Objetos vhdl** es un elemento que tiene asignado un valor de un tipo determinado. Debe declararse antes de ser utilizado. Un objeto declarado se puede utilizar en el ámbito en el que es visible. El ámbito de visibilidad depende de la zona de declaración:

**Constantes:** Es un objeto que mantiene siempre su valor inicial.

**Variabes:** Objetos que pueden cambiar su valor mediante una sentencia de asignación. Se declara en la zona de declaración de un proceso (cuya ejecución es secuencial) y es local al mismo. En VHDL-93 se contempla la utilización de variables globales para comunicar procesos.

**Señales:** Objetos que pueden modificar su valor y que tienen una analogía directa con el hardware. Llevan asociados una lista de eventos con el conjunto de posibles valores futuros a tomar. Se utilizan para interconectar componentes de un circuito y para sincronizar la ejecución y suspensión de procesos.

### **Tipos de datos**

Cada objeto declarado debe ser de un tipo concreto. VHDL tiene tipos predefinidos y permite declarar nuevos tipos. Tipos de datos: escalares, subtipos y compuestos.

**Tipos De Datos Escalares:** son aquellos cuyos valores están formados por una sola unidad indivisible.

#### **Tipos Enteros Y Tipos Reales**

**Tipos Físicos:** representan medidas del mundo real como son distancia, tiempo o peso. En tipos físicos la suma, resta están permitidas. La multiplicación no (hay que pasar a enteros). La división de dos valores físicos da como resultado un entero.

**Tipo Enumerados:** se define el conjunto de posibles valores del tipo especificado.

**Operadores** se definen sobre los tipos de datos predefinidos. Se pueden sobrecargar, definir un operador varias veces para distintos tipos de operandos.

Operadores lógicos, operadores de relación, operadores de desplazamiento, operadores aritméticos.

Atributos Características adicionales que se pueden asociar a cualquier elemento de un modelo VHDL. Sirven para hacer el código más portable.

### **El Lenguaje Vhdl Modelo De Hardware**

Son los modelos que utiliza VHDL para describir hardware:



Modelo de estructura.

Modelo de concurrencia.

Modelo de tiempo (simulación).

Modelo de síntesis.

**Modelo De Estructura** estructura que toma el lenguaje para modelar circuitos digitales. Está formado por varias partes que se conectan entre si:

Entity interfaz del dispositivo con el exterior.

Architecture: define la funcionalidad del circuito.

Component: permite usar elementos ya definidos.

**Entidad** define el nombre del diseño y el interfaz con su entorno (puertos). Los puertos equivalen a las patillas del circuito. Para cada puerto se debe indicar:

Nombre: referencia al pin

Tipo de dato: clase de información que se transmite

Modo:

in: entrada, solo puede ser leído.

out. Salida, solo pueden ser escritos.

inout. Bidireccionales, pueden ser escritos y leídos

buffer: son puertos: de salida que pueden ser leídos.

**Arquitectura** sirve para definir la funcionalidad de la entidad que representa. Identificador es el nombre que recibe la arquitectura y que servirá para referenciarla más tarde. Son visibles los objetos declarados en la entidad (puertos). [Declaración] para declarar tipos de datos, señales, etc. Después del begin -'> sentencias de la arquitectura, son concurrentes y se ejecutan de forma asíncrona entre sí, comunicándose mediante señales. Dependiendo del tipo de sentencias existen distintos estilos descriptivos:

Estilo algorítmico.

Estilo flujo de datos.

Estilo estructural.

**Estilo Flujo De Datos** define la funcionalidad de un dispositivo mediante un conjunto de ecuaciones ejecutadas concurrentemente que determinan el flujo que van a seguir los datos entre la entrada y la salida. Existe una correspondencia directa entre el código y su implementación hardware.



**Estilo Algorítmico** define la funcionalidad del diseño mediante un algoritmo ejecutado secuencialmente. No hay ninguna referencia a la estructura utilizada para implementar el algoritmo hardware (caja negra).

Donde se especificara sentencias secuenciales son de control de flujo de programa, parecidas a las de cualquier lenguaje software, que se utilizan para modelar la funcionalidad de un componente. Una sentencia se ejecuta completamente antes de pasar a la otra. Las sentencias secuenciales únicamente pueden aparecer en el interior de un proceso.

Proceso es una sentencia concurrente en cuyo interior las sentencias se ejecutan secuencialmente en tiempo cero. Son bucles infinitos que al llegar al final (end process) vuelven al principio (begin).

Sentencias concurrentes la sentencia fundamental es el proceso. El resto de sentencias son formas particulares de procesos con una sintaxis más simple que éstos. Todas ellas se ejecutan en paralelo dentro del cuerpo de la arquitectura.

**Estilo Estructural** descripción mediante un conjunto de componentes ya descritos interconectados mediante señales (netlist). Los componentes se declaran en la parte de declaraciones de la arquitectura y se instancia en el cuerpo de la misma. Los componentes representan zócalos donde se pueden encajar los dispositivos (Declaración de entidad — cuerpo de arquitectura asociado). Si se dispone de una biblioteca de dispositivos VHDL y se desea realizar una descripción estructural con ellos se debe:

- Declarar los componentes
- Instanciarlos

Utilizar alguno de los mecanismos que proporciona VHDL para establecer el enlace ("binding") entre cada componente y el dispositivo VHDL asociado.

*Entidad & Arquitectura* una Declaración de Entidad puede tener asociados varios Cuerpos de Arquitectura, con el fin de facilitar el modelado de un dispositivo con distintos niveles de abstracción. Los cuerpos de Arquitectura de una Entidad tienen que almacenarse en la misma biblioteca que esta.

*Configuración* es una unidad de diseño donde se establecen los enlaces entre una entidad y su cuerpo de arquitectura asociado o entre una declaración de **componente** y su dispositivo VHDL asociado.

**Modelo De Concurrencia** para modelar el funcionamiento real del hardware (concurrente) se usa un entorno de programación concurrente en el cuerpo de la arquitectura. También se pueden usar las sentencias secuenciales de los lenguajes de programación (if, for, case, etc) encapsuladas dentro de procesos (process).



**Modelo Temporal** el lenguaje VHDL utiliza un modelo temporal para simular hardware de una manera realista (conurrencia, retardos, etc)

La simulación de un modelo VHDL está dirigida por eventos.

El código VHDL se comporta como el hardware que modela cuando se somete a una serie de estímulos sobre el tiempo de simulación (Banco de pruebas).

El banco de pruebas (test bench) es una descripción en VHDL que se utiliza para testear el funcionamiento de los circuitos descritos también en VHDL.

Esquema de un entorno de test.

Generación de estímulos:

Código VHDL no sintetizable.

Vectores de datos almacenados en vectores o tablas.

Vectores de datos almacenados en un archivo.

Los estímulos actualizan los valores de las señales de entrada del modelo, ocasionando eventos en ellas que disparan la ejecución de procesos en el modelo.

Como consecuencia de la ejecución de los procesos se realizan asignaciones de valor a señales que, a su vez, constituyen eventos que pueden activar nuevos procesos.

### **Ciclo De Simulación**

En el instante físico  $T$ , todos los procesos están inicialmente en suspenso. A continuación se actualizan todas las señales cuyo driver tiene un par (valor, tiempo) tal que su tiempo es  $T$ .

Se activan aquellos procesos sensibles a los eventos de las señales actualizadas en el paso anterior. En la ejecución de los procesos se planifican nuevos valores para estas u otras señales que pueden provocar el disparo de nuevos procesos. Los procesos se ejecutan en tiempo físico cero.

El tiempo de simulación avanza cuando en  $T$  no quedan ni procesos activos ni asignaciones por realizar.

Cuando se ejecuta una asignación sobre una variable ésta se actualiza en el acto.

Cuando se ejecuta una asignación sobre una señal se proyecta un nuevo evento sobre la cola de eventos y solo cuando todos los procesos se hayan ejecutado y estén suspendidos, se actualizará el valor de la señal con el valor proyectado en la cola de eventos.

Es recomendable usar señales para modelar circuitos digitales (simulación más cercana al hardware).



Se usarán variables para describir circuitos no sintetizables o para describir circuitos aritméticos de forma iterativa (índices de bucles).

**Modelo De Síntesis** implementa un circuito físico a partir de un modelo VHDL a través de un proceso de síntesis. Un modelo puede dar lugar a diferentes circuitos o implementaciones básicas según las restricciones impuestas. Opera con tres tipos de información:

El modelo del circuito.

Conjunto de componentes básicos a utilizar para construir el circuito.

Conjunto de restricciones del circuito.

Simulación y síntesis son procesos de diseño complementarios. Construyen un modelo VHDL a partir de la especificación del comportamiento de un sistema digital.

**Simulación:** el modelo imita el comportamiento del circuito físico.

**Síntesis:** infiere estructuras hardware para implementar el circuito.

## APLICACIÓN DEL MARCO METODOLÓGICO

La mano robótica desarrollada en esta investigación tendrá como aplicación, tocar piezas musicales en un órgano electrónico (piano) por lo consiguiente se necesita que exista una relación entre usuario y la mano robótica en donde el usuario podrá seleccionar la tonada musical que quiere que el robot toque.

Para llevar a cabo esto se requiere que los dedos de la mano robótica toque las teclas, tanto las notas normales como los bemoles y sostenido para ello se requiere que los dedos se muevan de manera distinta de acuerdo a que tipo de nota requiere que se toque, para ello se necesita crear un mecanismo que me permite llevar a cabo dichos movimientos y el circuito digital que los controle, estos serán explicado en el desarrollo de la metodología.

La metodología permitirá describir cada componente del circuito digital, los lenguajes utilizados y su influencia en los movimientos que son realizados por el hardware. Permitiendo la modelación de los componentes para su simulación.

Después de analizar todos los mecanismos necesarios y planteados una solución se comienza con la descripción del diseño de un circuito para su implementación física. Generando un circuito (hardware) mediante un proceso de síntesis, donde la calidad del resultado dependerá del estilo descriptivo con el cual se explicara todos lo componentes que intervienen.

La última fase será la prueba del mecanismo mediante el modelado temporal de hardware que me indicara si todo funciona correctamente como se ha planteado en esta investigación.

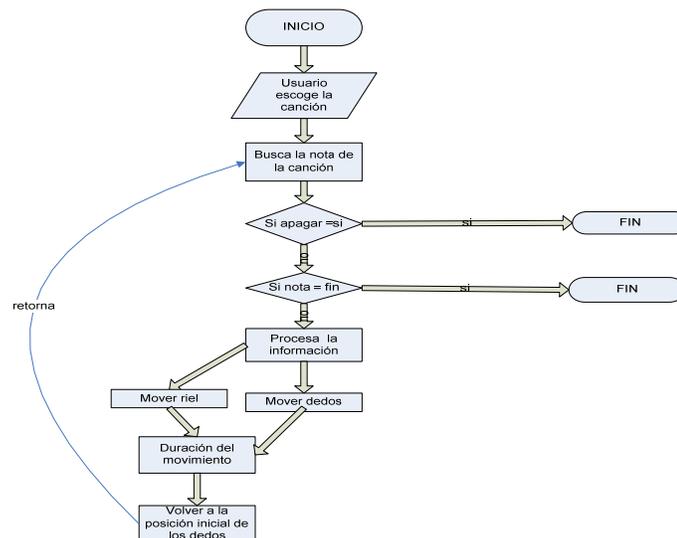
### Niveles de abstracción del modelo con HDL.

Se puede determinar que el nivel de abstracción en el que se trabajara esta investigación, es el funcional o comportamental debido a que el circuito digital trabajara dependiendo de las entradas y salidas para poder lograr el mecanismo que se requiere para el mayor funcionamiento del hardware.

### Estilos descriptivos del modelo con HDL.

Para desarrollar los niveles de abstracción y poder llevar a cabo su descripción, utiliza los estilos descriptivos que permite representar el diseño de distinta formas como son flujo de datos donde se expresara una descripción similar del software y algorítmica para tener conocimiento del software que permite mover el componente hardware y estructural para comprender la conexión de los componentes y las variables que son modificadas con dichas entradas para la mayor comprensión del mismo se van a ir describiendo a medida que se vaya estudiando cada componente que forman parte del circuito. Los cuales se desarrollaran en los modelos de hardware que se aplicara a cada componente.

Se presentara el Flujo de procesos a nivel global donde se presenta la forma como el usuario va a interferir en el funcionamiento del hardware y la relación que existe entre cada componente ya que dependiendo de las entradas y salidas de los dispositivos logra un movimiento preciso de la mano robótica que permitirá que la tonada tocada en el piano sea de agrado ya que se requiere de precisión tanto de tiempo como del movimiento para que toque la nota exacta.



Fuente Pérez (2007)

Estructural se dan directamente los componentes, por sus conexiones a través de puertos de entrada/salida. En donde se observa adherido todos los componentes

que intervienen para el funcionamiento de la mano y como se encuentra vinculadas las entradas y salidas de todos los mecanismos

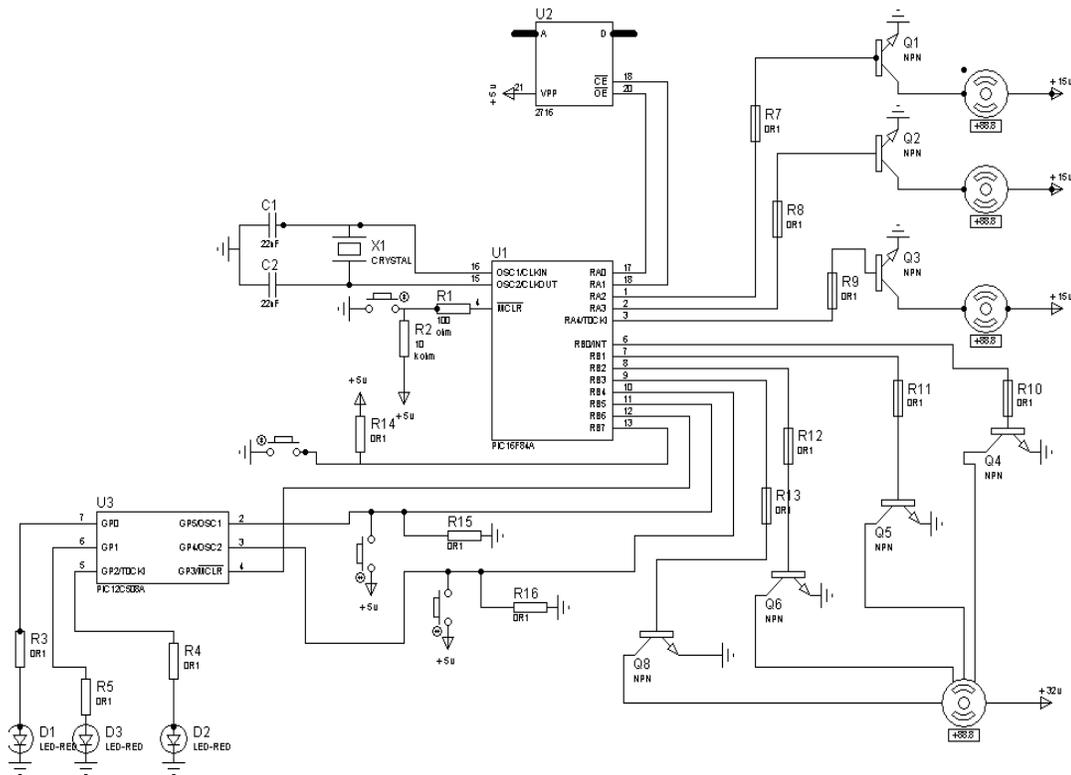


Figura N° 1. Circuito

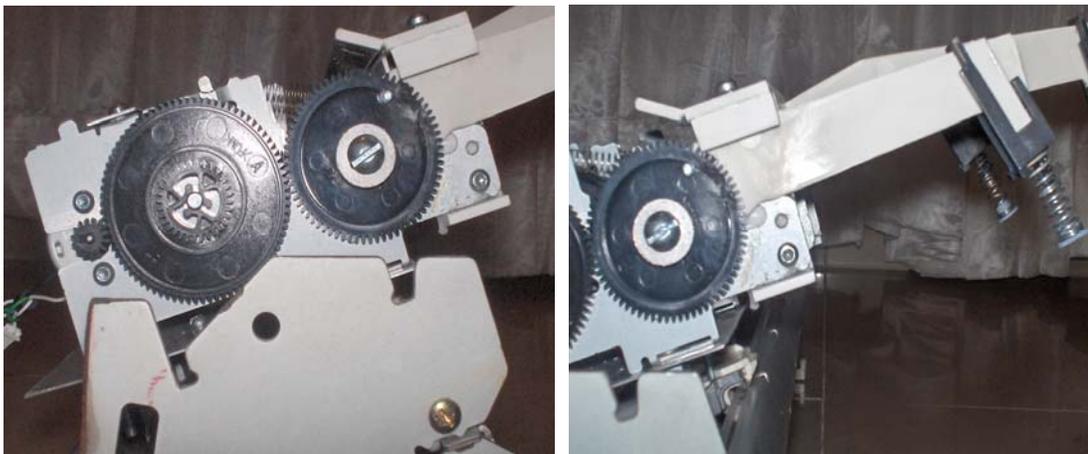


Figura N° 2. Mano robótica.



Para obtener la información necesaria para crear el mecanismo del hardware, es necesario obtener la información del piano electrónico en el cual se va a tocar las piezas musicales, para saber con precisión la separación que van a tener los dedos como también lo largo de ellos y cuanta profundidad necesita la tecla para tocar la nota, estas son unas de las más importantes incógnitas que se deben saber para llevar a cabo este hardware.

Para saber la separación de los dedos se tomo las medidas de las teclas del piano electrónico, teniendo 1 cm. de ancho cada una, también se toma en cuenta el ancho de los sostenidos que es de 0.5cm y la separación que existe entre un sostenido y las notas normales es de 0.5 cm para de esta forma obtener el ancho posible que poseerá el dedo y la distancia entre ellos.

La mano posee tres dedos por motivo del espacio y el peso ya que al tener más dedos la mano ocuparía mas espacio y su peso aumentaría, como el objetivo es que la mano robótica permita imitar la mano humana tocando piezas musicales en un piano digital, con tres dedos es suficiente para tocar una pieza musical.

Teniendo en cuenta que la mano contara con solo tres dedos se debe tratar de cubrir la mayor parte de la escala para de esta manera evitar los retardos de los movimientos, llegando a la solución que los dedos podrán tocar una nota por medio en una misma posición para tener mayor cobertura de la escala. Según lo ya expuesto se toma la decisión de que los dedos tendrán un grosor de 0.2cm. y la separación entre ellos de 4.5 cm. esto permitirá que el dedo toque un sostenido y una tecla normal.

En cuanto a tocar los sostenidos, solo se podrá realizar con el dedo medio debido a que la forma de este dedo es más elevada que los otros para poder tener absceso a ellos. Este dedo también es más largo teniendo una medida de 10cm. por la misma circunstancia de los sostenidos y puede tocar las notas normales de acuerdo a la posición en que se encuentre. Los dos dedos restantes solo pueden tocar las notas normales teniendo 6 cm. de largo.

El tema de la profundidad se refiere a la presión que el dedo realiza sobre la tecla para que baje y suene. El piano electrónico requiere que las teclas bajen 1 cm. para emitir sonido. Teniendo esta información se debe crear un mecanismo que no baje la tecla más de lo necesario ya que al hacerlo puede causar daños al instrumento musical.

Teniendo en cuenta esta información la solución para cumplir con estas restricciones, es que se coloca un resorte a la punta de los dedos para que cuando la tecla llegue al punto que permite que suene la nota; el resorte no ejerce más presión como causaría otro material convirtiéndose en una solución óptima. Otro mecanismo que interviene en esta restricción es el que permite que el dedo baje, el cual debe acceder que, cuando la tecla llegue a su punto máximo el se detenga, el mecanismo mas conocido y fácil de usar es el engranaje.



El engranaje me permite aumentar la potencia que produce un motor y pararse aunque el motor todavía se encuentre activado y al ser desactivado el motor, el engranaje vuelve a su posición inicial, esta propiedad me permite volver el dedo a su posición inicial. El dedo se encuentra unido con el engranaje mediante un resorte que permite que vuelva a su posición inicial. Se trabaja con motores de corriente continua de 15 voltios que me permitirá dar los movimientos de los dedos los cuales serán encendidos por las salidas del pic.

Todo estas parte del hardware, debe poseer una base la cual debe ir ajustada a un riel que permite la mano moverse de izquierda a derecha; el riel será el de una impresora epon 1170, donde cuyo riel posee un motor unipolar que permite mover la cinta que mueve el cabezal en donde se encuentra la mano ajustada. La base posee un tamaño de 12 x 10 el cual tiene tres paredes en donde se encuentra los engranajes con su respectivo motor conectados cuya altura es de 10cm. y ancho es de 8 cm.

La mano se encuentra a su vez ajustada a una base de madera donde se encuentra el piano esta base me permite inclinar la mano para que tenga la posición óptima para tocar las teclas del piano, como también se encuentra el circuito que permite el movimiento de esta mano robótica.

Teniendo conocimiento de cómo deberá funcionar la mano y como es la estructura del circuito digital los materiales que forma cada parte del hardware y el funcionamiento de cada pieza.

Los engranajes y los dedos son de plástico por tres motivos primero por su facilidad de adquisición y es moldeable, como también por su peso; la base de la mano y las paredes que se encuentran en ella son de aluminio para poder ser ajustada a la base del riel y poder sostener el engranaje de manera firme y el aluminio utilizado en esta base es liviano ayudando a mantener un peso viable para que el carril lo pueda mover.

### **Lenguaje VHDL. Tipos de datos y operadores.**

El tipo de lenguaje de software utilizado es el pic por lo tanto la forma como son declaradas los datos y los tipo de operadores utilizados serán regidos por los nemónicos de la familia PIC16X84. En esta fase se describirán los datos que se hallarán en la programación de los dispositivos para su mayor comprensión al leer dichos programas.

En cuanto a los operadores se presenta los nemónicos usados por la familia PIC16X84.



Nemónico	Descripción	Flags afectados
<b>Instrucciones Orientadas a Registros</b>		
ADDWF f,d	( W ) + ( F ) → ( destino )	C, DC,Z
ANDWF f,d	( W ) AND ( F ) → ( destino )	Z
CLRF f	00 → ( F )	Z
CLRWF	00 → ( W )	Z
COMF f,d	Complemento de F	Z
DECf f,d	( F ) - 1 → destino	Z
DECFSZ f,d	( F ) - 1 → destino y si el resultado 0 salta	Ninguno
INCF f,d	( F ) + 1 → destino	Z
INCFSZ f,d	( F ) + 1 → destino y si el resultado 0 salta	-
IORWF f,d	( W ) OR ( F ) → ( destino )	Z
MOVF f,d	Mueve F → destino	Z
MOVWF f	( W ) → ( F )	Ninguno
NOP	No operación	Ninguno
RLF f,d	Rota f a la izq a través del carry → ( destino )	C
RRF f,d	Rota f a la dcha a través del carry → ( destino )	C
SUBWF f,d	( F ) - ( W ) → ( destino )	C, DC,Z
SWAPF f,d	intercambia los nibbles de F → ( destino )	Ninguno
XORWF f,d	( W ) + ( F ) → ( destino )	Z
<b>Instrucciones orientadas a Bit</b>		
BCF f,d	Pone a 0 el bit <b>b</b> del registro f	Ninguno
BSF f,d	Pone a 1 el bit <b>b</b> del registro f	Ninguno
BTFSC f,d	Salta si el bit <b>b</b> del reg. F es 0	Ninguno
BTFSS f,d	Salta si el bit <b>b</b> del reg. F es 1	Ninguno
<b>Instrucciones con literales y de control</b>		
ADDLW K	( W ) + K → ( W )	C, DC,Z
ANDLW K	( W ) AND K → ( W )	Z
CALL K	Llamada a subrutina	
CLRWDT	Clear de temporizador del WD	Ninguno
GOTO K	Go to dirección	Z
IORLW K	( W ) OR K → ( W )	Ninguno
MOVLW K	K → ( W )	Ninguno
RETFIE	Retorno de una interrupción	Ninguno
RETLW K	Retorno de un literal en W	Ninguno
RETURN	Retorno de una subrutina	C, DC,Z
SLEEP	Modo standby	Z
SUBLW K	K - ( w ) → ( W )	
XORLW K	( W ) XOR K → ( W )	

Tabla N° 1. Nemónicos del PIC16F84A.



### **Modelados de hardware para simulación.**

El desarrollo del modelo estructura y el modelo concurrente se llevara a cabo de manera conjunta, debido a que coexisten para obtener la mejor descripción del dispositivo.

#### **Modelo de estructura.**

Estructura que toma el lenguaje para modelar circuitos digitales. Está formado por varias partes que se conectan entre si:

#### **Modelo de concurrencia.**

Para modelar el funcionamiento real del hardware (concurrente) se usa un entorno de programación concurrente en el cuerpo de la arquitectura. También se pueden usar las sentencias secuenciales de los lenguajes de programación (if, for, case, etc) encapsuladas dentro de procesos (process).

Por consiguiente como estos modelos están muy relacionados, pues al aplicarse el modelo estructural según la sintaxis expuesta se podrá observar el modelo concurrente se encuentra dentro de la misma. Debido a que los enunciados concurrentes que indica la dicha sintaxis son las sentencias que el modelo concurrente permite indicar la funcionalidad del hardware.

### **Aplicación del modelo estructura y concurrente a los distintos componentes que forman parte del circuito digital.**

#### **Pic 16F84A conector de todo lo elementos de este circuito digital**

Este pic me permite comunicar todos los componentes ya que el obtiene toda la información, la procesa y los resultados son enviados a los respectivos componentes para la ejecución del mismo. Sen puede apreciar que el pic es el centro controlador de todos los componentes, es por ello que el programa que este ejecuta es el más complejo por que es el que se encarga de precisar los tiempos y la forma de cómo se llevan acabo los movimientos.

El PIC 16F84A posee trece (13) pines que pueden ser entradas y salidas dependiendo de la programación en donde dos (2) pines que trabajan como entradas, son provenientes de dos interruptores que a nivel de software me permitirá cambiar el contenido de la variable, cada vez que se active este interruptor, cuya variable posee la posición de la canción en la memoria externa, el otro interruptor permite que una vez escogida la canción sea activado para que el PIC 16F84A comience los procesos para tocar la pieza musical.

Este PIC mediante tres (3) pines controla los tres (3) motores de corriente continua que permiten mover los dedos hacia arriba y abajo (movimientos verticales), estos movimientos permiten que el dedo toque tanto la nota normal como también los bemoles y los sostenidos mediante el mecanismo del hardware.



La activación de estos motores dependerá de la nota a tocar ya que cada dedo tocara notas diferentes y la duración del movimiento dependerá del tipo de nota.

Existen cuatro (4) pines que permite mover el riel, que desplazara la mano a través de las escalas del piano, ya que dependiendo de la nota que se requiera tocar, los dedos no alcanzara debido a la limitante que existe en cuanto al espacio que puede cubrir la mano. Debido a la distancia que existe entre la nota tocada anteriormente y la próxima hace necesario que la mano realice un movimiento horizontal mediante el riel para que toque la nota en el tiempo preciso y tener mayor alcance de toda la escala del piano.

Se encuentra un sensor en el riel que me indicara que llego a su punto final para tomar en cuenta esta condición para los próximos movimientos del riel. Esta será una entrada de información para el pic.

Las notas se encuentra guardadas en una memoria externa la cual se encuentra comunicada con el pic mediante dos (2) pines el cual se trabajan como salida y entradas ya que se necesita enviar la posición de la nota requerida de una canción y recibir la nota que se encuentra en dicha posición.

El nivel de abstracción con el cual es descripta la arquitectura de este componente es según el estilo descriptivo algorítmico ya que dependerá de las entradas para obtener una salida para el movimiento del hardware.

Debido a que el software en pic se trabaja con subrutinas la manera para indentificarla en el diagrama de flujo es con el siguiente símbolo (), indicando que este proceso se resuelve en otro diagrama de flujo.

**ENTITY PIC16F84A IS**

**PORT ( INOUT= RA0**

**INOUT= RA1**

**OUT= RA2**

**OUT= RA3**

**OUT= RA4**

**OUT= RB0**

**OUT= RB1**

**OUT= RB2**

**OUT= RB3**

**IN= RB4**

**IN= RB5**

**OUT= RB6**

**IN= RB7);**

**END PIC16F84A;**

**ARCHITECTURE algoritmico OF PIC16F84A IS**

**Programa en lenguaje pic**

**END PIC16F84A;**



```
ARCHITECTURE estructural OF PIC16F84A IS
COMPONENTE motor1
    PORT (OUT= RA2)
END COMPONENTE;
COMPONENTE motor2
    PORT (OUT= RA3)
END COMPONENTE;
COMPONENTE motor3
    PORT (OUT= RA4)
END COMPONENTE;
COMPONENTE motorpaso
    PORT (OUT= RB0)
END COMPONENTE;
COMPONENTE motorpaso
    PORT (OUT= RB1)
END COMPONENTE;
COMPONENTE motorpaso
    PORT (OUT= RB2)
END COMPONENTE;
COMPONENTE motorpaso
    PORT (OUT= RB3)
END COMPONENTE;
COMPONENTE SENSOR
    PORT (IN= RB7)
END COMPONENTE;
COMPONENTE MEMORIA
    PORT (OUT= RA0)
COMPONENTE MEMORIA
    PORT (INOUT= RA1)
END COMPONENTE;
COMPONENTE PULSADOR
    PORT (IN= RB4)
END COMPONENTE;
COMPONENTE PULSADOR
    PORT (IN= RB5)
END COMPONENTE;
BEGIN
...
; DEBIDO A QUE SE TRABAJA CON ALGORITMICO NO EXISTE UNA
; SECUENCIA DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS
... ..
END estructural;
```

### Mecanismo utilizado para la memoria

Los datos necesarios para tocar una pieza musical y ubicar la mano en la posición indicada, son las notas musicales, el tiempo de duración, escala en que son tocadas y la existencia de acordes. Estos datos deben ser guardados en la memoria de manera ordenada en bytes, donde cuya posición es la única información con la que el pic identifica que nota se tocara, el la solicita a la memoria, recibe el dato y se ubica en dicha posición y envía la información al pic para que sea procesada.

Las notas musicales son siete: do, re, mi, fa, sol, la, si; este es el orden como se encuentran las notas a nivel de una escala. Estas notas pueden variar al encontrarse un sostenido o un bemol el cual sube o baja medio tono; pero a nivel de piano un sostenido de cualquier nota es también el bemol de la nota siguiente y es por ello que los bemoles serán transformados a sostenidos y se trabajara con puros los sostenidos, facilitando así la programación.

El tiempo de duración depende del tipo de nota que se encuentre expresado en el pentagrama las cuales son siete: redonda, blanca, negra, corchea, semicorchea, fusa, semifusa. En este trabajo de investigación se utilizaran las cuatro primera, debido a que las tres restantes su duración es muy corta y debido al mecanismo de la mano no permite que se mueva tan rápido para ser ejecutados. El siguiente cuadro se podrá observar la forma distintiva de cada nota en el pentagrama y la duración.

Nota	Figura	Tiempo	Tiempo en seg.
Redonda		4/4	4 seg.
Blanca		2/4	2 seg.
Negra		1/4	1 seg.
Corchea		1/8	0,5 seg.
Semicorchea		1/16	0,25 seg.
Fusa		1/32	0,125 seg.
Semifusa		1/64	0,0625 seg.

Tabla N° 2. Duración de las notas.

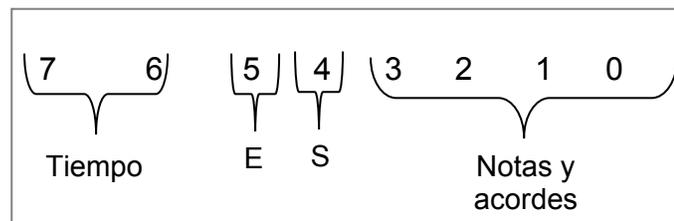
Las escala es el nivel en el cual se toca la nota en este caso se trabajara en dos escalas ya que el carril que porta la mano permite solo este alcance. Se representara en las próximas figuras, como diferenciar las escalas a nivel de pentagrama y a nivel de piano.

Los acordes se le es denominado cuando se presenta la situación de tocar varias notas a la vez durante un tiempo determinado.

Según lo ya expuesto se sobreentiende toda la información que debe ir en un byte; la lógica utilizada es la siguiente:

- Las notas musicales.
- El tiempo de duración (tipo de nota).
- Escala en que son tocadas las notas.
- La existencia de acordes

Se tiene un byte = 8 bit = 00000000; se toman 4bit para las notas musicales y los acordes, 2 bit para el tiempo de duración, 1 bit para saber en que escala se ubica la nota y 1 bit para saber si es sostenido utilizando de esta manera los 8 bit del byte. Resultando de la siguiente form



Fuente Pérez (2007)

Tabla de las combinaciones posibles y su respectivo identificador

Tipo de tabla	Identificador	Bit	Bit	Bit	Bit
Notas musicales y acordes	DO	0	0	0	0
	RE	0	0	0	1
	MI	0	0	1	0
	FA	0	0	1	1
	SOL	0	1	0	0
	LA	0	1	0	1
	SI	0	1	1	0
	FIN	1	1	1	1
TIEMPOS	REDONDA	0		0	
	BLANCA	0		1	
	NEGRA	1		0	
	CORCHEA	1		1	
ESCALA	ESCALA1	0			
	ESCALA2	1			
SOSTENIDO	SOSTENIDO	1			
	NORMAL	0			

Tabla N° 3. Decodificador para la memoria



Mediante esta tabla nos guiaremos para llenar el byte, de acuerdo a una nota determinada ejemplo;

Nota: mi ; Tipo: blanca ; Escala: 1; Resultado: 0 1 0 0 0 1 0

La información codificada se guardara en la memoria mediante un pc y un software para escribir en la memoria, para que el software utilizado por esta investigación pueda sacar la información que se le es necesario.

Para la memoria no aplica los modelos de hardware ya que el se comporta como una memoria externa del pic y no posee una logica presiza, solo que utiliza el protocolo I<sup>2</sup>C.

### **PIC 508B controlador de la pantalla de canciones**

El pic controla los led que se encenderán a medida que se active uno de los interruptores, el cual también se comunica con el pic16F84A, cada vez que este interruptor se active encenderá un led que indicara que canción se encuentra la variable del pic y al volver ser activado apagara dicho led y encenderá el led continuo a este, cambiando la variable para llevar el control de las canciones que es posible ser seleccionada.

Una vez que el usuario decida que canción desea que la mano toque el usuario activara el otro interruptor que ocasionara que el led que se encontraba encendido, que identifica una de las canciones comenzará a titilar indicando con ello que la mano esta tocando dicha pieza.

A continuación se presenta los diagramas de flujo concerniente a este programa:

```
ENTITY PIC508 IS  
PORT (IN=GP0  
    OUT= GP1  
    OUT=GP2  
    OUT=GP3  
    IN=GP4  
    IN=GP5);  
END PIC508;
```

```
ARCHITECTURE algoritmico OF PIC508 IS  
Programa en lenguaje pic  
END PIC508;
```

```
ARCHITECTURE ESTRUCTURAL OF PIC508 IS  
COMPONENTE INTERRUPTOR1  
    PORT (IN= GP0);  
END COMPONENTE  
COMPONENTE INTERRUPTOR2
```



```
PORT (IN= GP1);  
END COMPONENTE  
COMPONENTE PIC16F84  
    PORT (IN= GP2);  
END COMPONENTE  
COMPONENTE LED1  
    PORT (IN= GP3);  
END COMPONENTE  
COMPONENTE LED2  
    PORT (IN= GP4);  
END COMPONENTE  
COMPONENTE LED3  
    PORT (IN= GP5);  
END COMPONENTE  
BEGIN
```

```
...  
; DEBIDO A QUE SE TRABAJA CON ALGORITMICO NO EXISTE UNA  
; SECUENCIA DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS
```

```
... ..  
END estructural;
```

### **Modelo Temporal (simulación)**

Para la simulación se trabajo el programa en Mplab Ide v 7.51 en donde este programa tiene una función de simulación para saber si el programa se encuentra correctamente, ya que al no estar correcto no permitirá exportarlo a código hexadecimal es por tanto la simulación que se realiza al software cuyas imágenes se observaran en anexo.

También se realizara una simulación con un estimulo que actualizaran los valores de las señales de entrada del modelo, ocasionando eventos en ellas que disparan la ejecución de procesos en el modelo. Esta simulación va a ir acompañada con la simulación del hardware.

### **Modelo de síntesis**

Para la síntesis del trabajo de investigación nos basaremos en el modelo del circuito, el conjunto de componentes básicos a utilizar para construir el circuito y el conjunto de restricciones del circuito.

Para obtener el modelo del circuito se trabaja con una descripción funcional donde se percibe la síntesis de comportamiento.

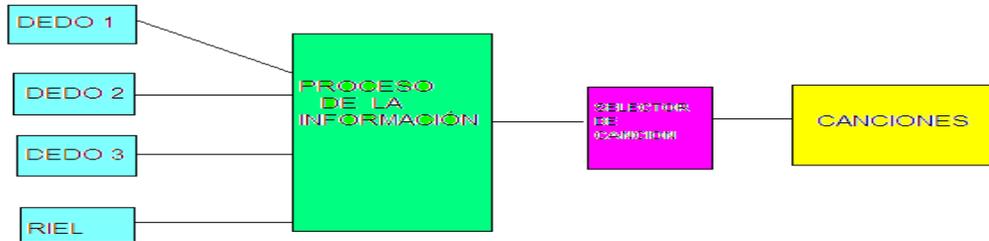


Figura N° 3 Diagrama de necesidades.

Una vez ya descrito lo que se quiere que el circuito realice se determina los tipos de conjunto de componentes básicos a utilizar para construir el circuito, que logre llevar a cabo la descripción funcional que se explico anteriormente y de esta forma obtener el modelo del circuito.

Para guardar la información de las canciones es necesaria una memoria 24LS128 que posee una capacidad de 128 mg que servirá como una especie de archivo donde se encontrara las notas de las piezas musicales y la información necesaria para la ejecución de esta nota.

Para la selección de la canción en la memoria es necesario un mecanismo que logre comunicar al usuario que es el que escogerá la canción como también comunicarlo con el que procesa la información. Se utilizara dos interruptores y un PIC508 para lograr tales funciones. Las interrupciones se encargaran de ser datos de entradas al PIC508, este se encargara de encender unos leds para que el usuario pueda saber que canción puede seleccionar. Los interruptores también serán entrada para el que procese la información donde llevara el control de las canciones mediante variables. El otro interruptor me permite indicar al que procesa la información que puede buscar en la memoria la canción y también le indica al PIC508 que tittle el led para indicar que esta tocando esa canción.

El componente que procese la información debe tener la cualidad de que sus pines puedan trabajar como entrada/salida a que para trabajar con la memoria es necesario que se cumpla esta función y que posee una cantidad de pines suficiente para trabajar todos los componentes necesarios como son los motores de los dedos y del riel y que me permita procesar la información y activar las salidas correspondientes. El componente que cumple con estas características es un PIC16F84A que posee dos puertos uno de 5 pines y el otro de 8 pines teniendo un total de 13 pines para trabajar con el resto de los componentes.

Para poder trabajar los motores es necesario un transistor ya que con el voltaje con que funciona el PIC no es suficiente para mover el dedo con fuerza es necesario trabajar con mayor voltaje. Estos componentes se encontrarán ubicados en una placa universal para diseños de circuitos electrónicos de Baquelita permitiendo que la cantidad de componentes se vera más estética y ocupe menos espació en esta placa.



## CONCLUSIONES

Como beneficios esperables para el avance del conocimiento y la tecnología en este campo cabe esperar un crecimiento en el campo de aplicación de la robótica de servicios y mayor eficiencia en la robótica industrial. El campo de aplicaciones potenciales va, desde la determinación de forma automática de una presión óptima de los componentes en una línea de montaje. Los resultados del proyecto pueden ser beneficiosos en todos los ámbitos de la robótica en que sea necesario la precisión en cuanto los movimientos y duración que permanecerá en dicho movimiento.

Una vez alcanzados los objetivos planteados inicialmente para este estudio, se puede concluir lo siguiente:

Los movimientos que se determinaron que debía mover la mano robótica fueron fundamentales para el desarrollo mecánico y software, cumpliendo el objetivo que es tocar las teclas del piano.

Los materiales que se determinaron fueron livianos óptimos para que el riel pueda moverse con facilidad y no se esfuerce ejecutándose los moviendo existiendo una combinación de aluminio y plástico.

VHDL se muestra especialmente útil en las primeras etapas del diseño, a la hora de elegir arquitecturas, particiones del circuito, tipos de lógica, etc y para la realización de simulaciones a nivel funcional. Aunque es de hacer notar que las descripciones apropiadas para simulación no siempre son aptas para la síntesis. También permite la documentación del proyecto a un nivel que es independiente de la tecnología e incluso del tipo de lógica, lo cual permite su reutilización en otros diseños.

Teniendo en cuenta los movimientos que se deben realizar y materiales que se pueden utilizar se logra crear la parte mecánica del hardware; se tuvo que recurrir a motores y mecanismo de engranaje para controlar los movimientos y el tiempo preciso

El método empleado para comunicar los sistemas permite el intercambio de información en tiempo real y delega en el sistema la transmisión de datos. Como también el protocolo I<sup>2</sup>C que permite la comunicación entre la memoria y el pic siendo parte fundamental para alcanzar lo objetivo de la investigación.

El control digital de motores de corriente continua y servomotores es importante por las ventajas que ofrecen los dispositivos lógicos programables, como su gran velocidad de procesamiento y alta integración, fácil implementación.

En ésta investigación se realizó el control digital de posición de un motor unipolar capturando datos de una nota provenientes de una memoria externa son decodificados en valores de posición para orientarlo en tiempo real. Este sistema de control será implementado para controlar el riel de la mano a través de una interfaz



pic-robót donde el pic llevará el sistema de control para mover en tiempo real la mano robótica. Como también son controlados los motores de corriente continua de los dedos con las salidas provenientes del pic.

## RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación y tratar de que la mano robótica se parezca más a la mano humana con la creación de una mano robótica con cinco dedos.
- La creación de un mecanismo más rápido en respuesta a los movimientos, permitiendo tocar piezas más rápidas y teniendo menos limitantes en las escogencias de las piezas.
- Propiciar una asignatura alternativa donde se unan el software y el hardware dando mayor apoyo a que estas investigaciones sean más factibles.
- Formar docentes juntos con alumnos en investigaciones que involucre hardware, electrónica y software.
- Se recomienda a la biblioteca adquirir libros referentes a este tema de investigación para facilitar a los investigadores de esta área la comprensión de las teorías referentes a la misma.
- Continuar con la realización de este tipo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Bibliográficas

Fuentes, Rogelio (1990). **Anatomía elementos y complementos**. 2ª Edición. Editorial Trillas. México.

Ollero Naturone, Anibal (2002). **Robótica: manipuladores y robots móviles**. 1ª Edición. Editorial Barcelona. España.

Duque, Edison (1998). **Curso avanzado de microcontroladores PIC**. Editorial Tecnológica. Colombia

Ramírez Domínguez, Fernando (2006). **Control de motores paso a paso con pic**. Saber Electrónica. P. 5 – 11.

### Fuentes Electrónicas

J.M. Dorador González, P.A. Ríos Murillo, R.I. Flores Luna, A.M. Juárez Mendoza, M.S. Armenta Servín. División de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Mecatrónica. Centro de Diseño y Manufactura [dorador@servidor.unam.mx](mailto:dorador@servidor.unam.mx) <http://www.fi->



[p.unam.mx/simposio\\_investigacion2dic04/disenio\\_protesis\\_extenso.html](http://p.unam.mx/simposio_investigacion2dic04/disenio_protesis_extenso.html).  
[Consulta: 2007, Enero 20]

Eduardo J. Carletti (2003). Actuadores-manos conceptos generales y ejemplos.  
Disponible en: [www.robotargentina.com](http://www.robotargentina.com). [Consulta: 2006, Diciembre 05]

[Hugo Landolfi](#) (1998-2007). Tomado de la Introducción al [Curso de Afinación Profesional de Pianos](#) que ofrece la Escuela de Tecnología Pianística de Buenos Aires. Disponible en: <http://www.pianomundo.com.ar/informacion.htm>. [Consulta: 2007, agosto 25]

Lic. Samuel Montilla. Algunas bases sobre la Música y su representación gráfica.  
Disponible en: <http://emsia.com.ar/teoria.htm>. [Consulta: 2007, Septiembre 13]

Motor de corriente continua. Disponible en: <http://www.wikipedia.com>. [Consulta: 2007, agosto 25]