

Capítulo 4 Análisis y Diseño del sistema ROBIN

Un robot industrial rara vez trabaja como elemento aislado, este forma parte de un proceso de fabricación que involucra a muchos otros equipos y robots. El objetivo de esta tesis es construir una herramienta (de software) que nos permita graficar y controlar un robot industrial dentro de su ambiente de trabajo. Además deberá permitirnos programar y ejecutar una tarea. Este capítulo contiene la descripción del sistema en su conjunto y el análisis y diseño de los cuatro módulos que lo componen: módulo de construcción, módulo de control, módulo de programación y por último módulo de simulación. Por cada módulo se describirán cada uno de los objetos involucrados en su funcionamiento. Además se especifican las entradas, salidas y operaciones específicas de cada módulo. Para complementar la información se incluye un modelo de objetos y una descripción de la interfaz.

Declaración del problema Desde un inicio se definió el problema como la necesidad de implementar un sistema que permitiera construir, visualizar y controlar robots industriales así como los distintos componentes de su ambiente de trabajo. Dentro de los primeros requisitos se decidió por que los Robots se construyeran de acuerdo a las especificaciones definidas por Denavit-Hartenberg [Craig 86]. La representación DH, como se le conoce en el área de la robótica, es un estándar que nos permite describir la mayoría de los mecanismos (no sólo robots). El programa debería ser lo suficientemente versátil de manera que se pudiera utilizar para robots con diferentes configuraciones y secuencias Otro requerimiento fue el de poder especificar tanto el robot como su ambiente de trabajo por medio de un archivo de texto. La especificación textual tiene como propósito la compatibilidad con otros proyectos y la facilidad de uso para los usuarios finales. La construcción de todos los objetos debe de estar basada en figuras básicas, cubos, cilindros, esferas.

Descripción General En vista de lo anterior se puede describir el sistema por los siguientes objetivos. El sistema debe de ser capaz de:

- Construir modelos de robots, objetos y piezas del espacio de trabajo.

- Representar los robots basándose en la notación de Denavit-Hartenber
- Aplicar propiedades cinemáticas a los robots y a los objetos.
- Controlar robots, objetos y figuras en el ambiente de trabajo
- Generar y visualizar secuencias tanto de programas para robots como del comportamiento de los distintos objetos.

Para cumplir los objetivos se analizaron y diseñaron cuatro módulos. En este capítulo se muestra cada uno de estos módulos con sus respectivos objetos y funciones. El único motivo de esta división es hacer más claro al lector su funcionamiento, ya que el sistema final incorpora los cuatro módulos de manera transparente.

Restricciones del proyecto El sistema no contemplará la detección de colisiones. Este aspecto aunque importante no es imprescindible para los objetivos de este proyecto. Sin embargo el sistema desarrollado permite la fácil incorporación de un módulo de detección de colisiones Otra restricción es el formato que utiliza ya que es por decirlo de alguna manera, único.

Arquitectura del sistema ROBIN. Como mencione anteriormente este sistema está compuesto de cuatro módulos la Figura 4.1 muestra la manera en que estos módulos se integran para formar un solo sistema.

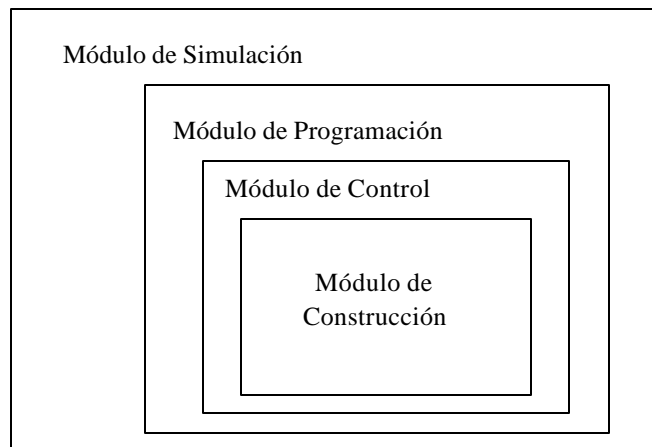


Figura 4. **¡Error! Argumento de modificador desconocido.** Arquitectura del Sistema ROBIN

Modelo del sistema ROBIN

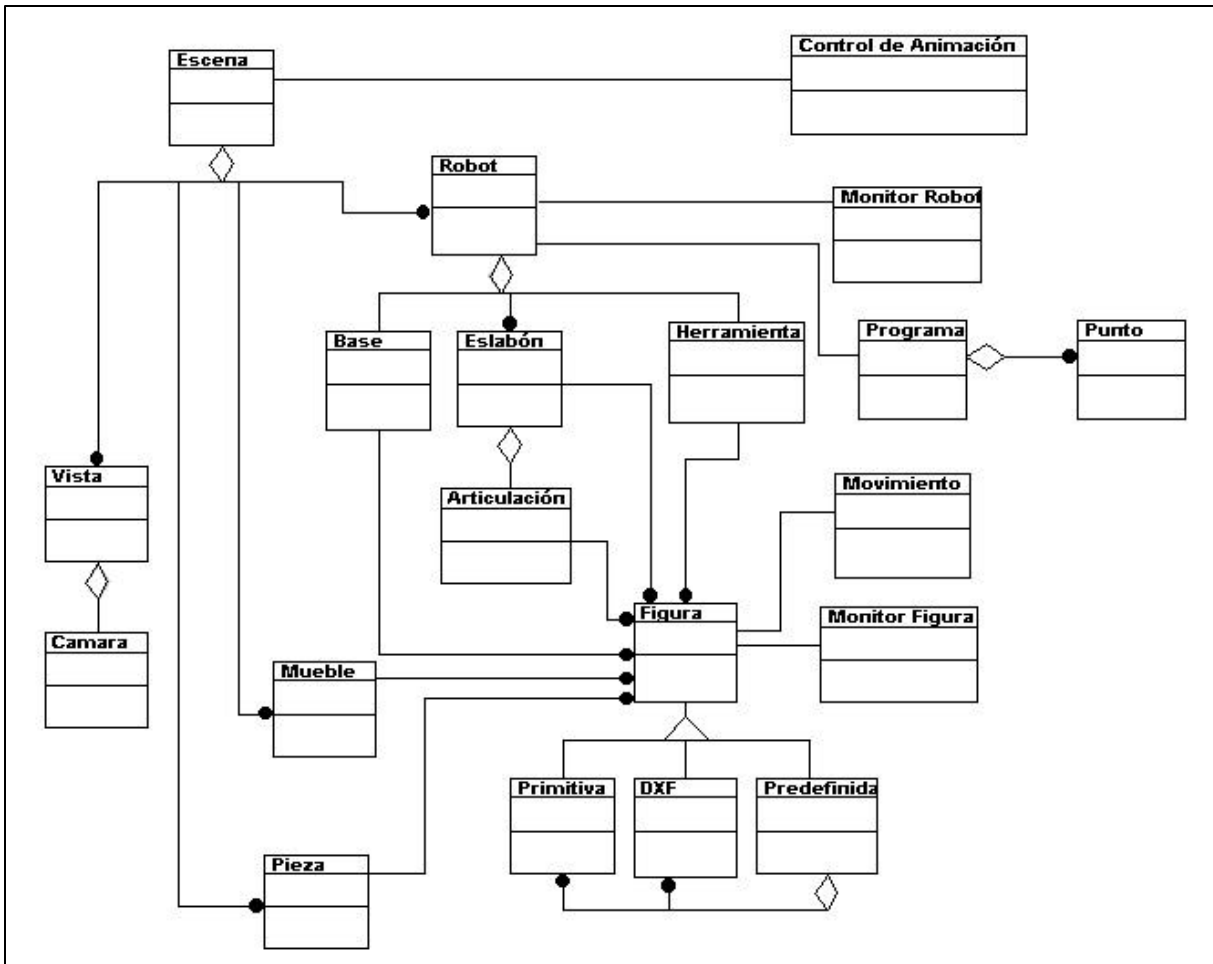


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Modelo del Sistema ROBIN

El modelo se presenta en notación OMT [Rumbaugh *et al.* 1991]. Se omiten los métodos y atributos por simplicidad. Este modelo presenta las clases principales con sus relaciones en la Figura 4.2. A continuación describiré la función de estos objetos.

4.1 Módulo de Construcción

4.1.1 Descripción

Este módulo es el encargado del construir y visualizar el robot, otras máquinas y los distintos componentes que conforman una célula de trabajo. Para esto se requiere de primitivas básicas, cajas, esferas, cilindros de manera que se puedan crear objetos lo más cercanos a la realidad. Al diseño se incorporó la posibilidad de utilizar archivos de AutoCAD formato DXF en tres dimensiones. Es decir que en el caso de contar con un

modelo en DXF de un objeto, se puede utilizar este también. La ventaja de utilizar este tipo de figuras es que tenemos una representación exacta y precisa de figuras complejas.

Los principales objetos que se definieron para este módulo son los siguientes:

Escena o Mundo

Este objeto contiene a todas las figuras. Se encarga de visualizarlas y manipularlas. Contiene además información de cómo se presentan los objetos en pantalla. Entre otros objetos una escena contiene una o muchas luces, un eje de coordenadas y una cuadrícula.

Vista

Contiene una representación del mundo. Un mundo contiene una o muchas vistas. Este objeto nos permite ver el mundo de distintas maneras como contiene una cámara, la podemos situar ya sea frente o de costado. También podemos agregar perspectiva. Para la forma en que los objetos se presentan, pueden ser en forma de alambre o como sólidos. Estas funciones tienen la intención de mostrar la escena de todas las maneras posibles.

Robot

Esta formado por una lista de figuras las cuales algunas representaran sus articulaciones y las demás su cuerpo y demás componentes. Para poderlo controlar es necesario especificar también un archivo con la representación de Denavit-Hartenber del propio robot. Esto se es requerido para que la librería de cinemática directa e inversa funcionen.

Figura

Figura es la clase principal que va a heredar a todas las demás figuras, de los aspectos más importantes a considerar en la figura, es su lectura y escritura. Aquí

también se especifica la construcción de su caja y ejes junto con las demás propiedades: posición, orientación, color, etc.

Figuras Primitivas

Estas son las figuras más básicas que podemos tener, para cada una se definen sus propiedades y dimensiones:

- Cubo
- Esfera
- Cilindro
- Cono
- Toroide
- Texto
- Plano
- Disco

Figuras Predefinidas

Una figura predefinida es una figura formada por muchas figuras.

Figura DXF

Es un modelo de Autocad que representa un objeto, se requiere del archivo en formato DXF.

Este módulo recibirá de un archivo de texto, ya sea la especificación de un objeto (Obj) para agregarlo a una escena, o la especificación completa de escena o mundo (Wld). A partir de estos archivos este módulo se encargará de construir dinámicamente la escena u objeto.

El módulo presentará una vista en una ventana con los objetos y propiedades de visualización especificados. También deberá poder generar un archivo de texto con la descripción de la escena o de un objeto en particular.

Este módulo es el encargado de generar y modificar una escena o un objeto junto con el módulo de control. Dentro de sus funciones se encuentran las siguientes:

- Agregar objeto
- Elimina objeto
- Seleccionar objeto
- Visualizar mundo

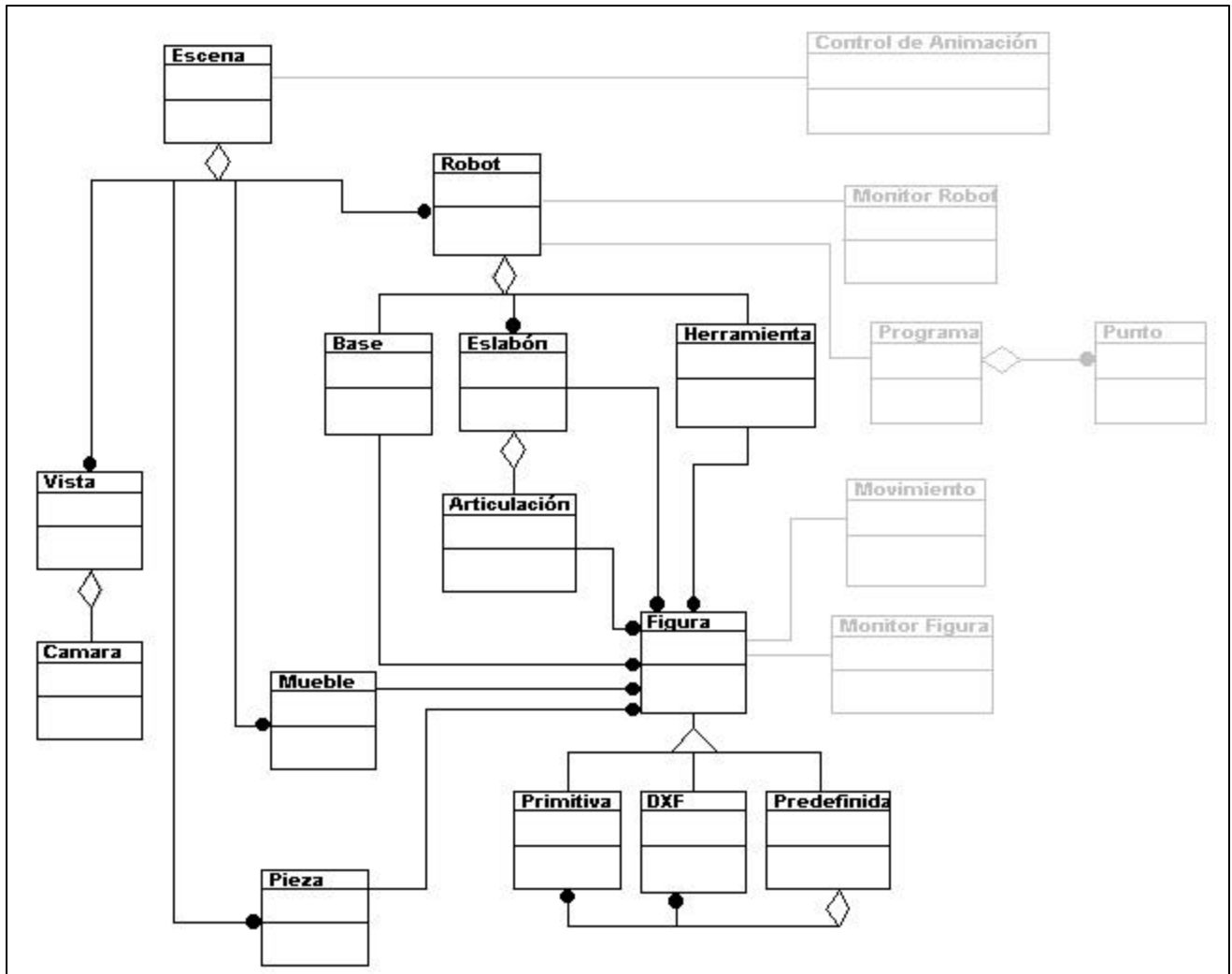


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Modelo de objetos del Módulo Construcción

En el diagrama de la Figura 4.3 se muestran resaltados los objetos propios de este módulo, inmediatamente uno se da cuenta de la importancia de este modulo. La escena es la clase que contiene a todas las demás clases en el sistema.

4.1.2 Interfaz

Este módulo es el módulo principal y el encargado de presentar todo el sistema de manera que su interfaz debería ser practica y útil a la vez. Se considero en el diseño además de una presentación gráfica del mundo una representación esquemática que es el árbol de estructura. El sistema presenta al usuario con distintas maneras de modificar una escena u objeto para que este elija la que más le convenga de acuerdo a sus necesidades.

Vista de mundo

Esta es una ventana donde muestra el mundo con sus propiedades de visualización. También permite al usuario señalar un objeto en particular del mundo (ver Figura 4.3).

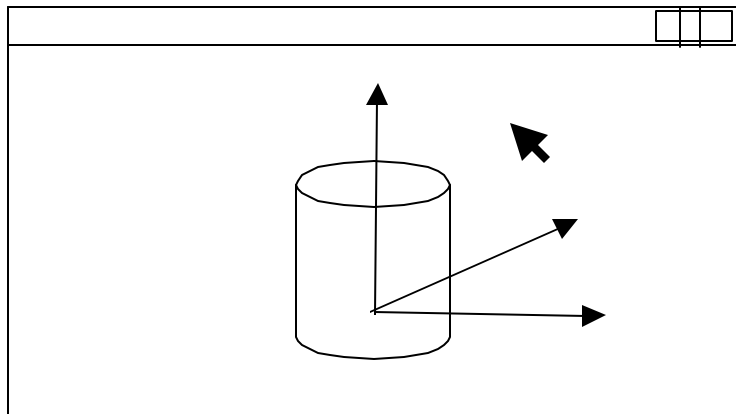


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Interfaz de la vista del mundo

Lista de iconos de figuras

Para agregar figuras se requiere de un menú y barra de iconos para poder ubicarlos y crearlos. Al momento de elegir una figura se deberán especificar sus características. La Figura 4.5 muestra un prototipo de lo que será esta barra de iconos configuradas de los distintos objetos disponibles en el sistema.

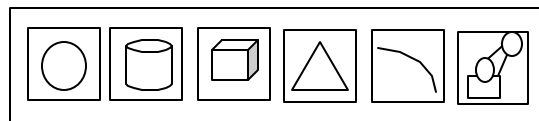


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Íconos de figuras.

Lista de íconos de opciones de visualización

Estas opciones de visualización deben localizarse de manera rápida ya que se estarán utilizando constantemente. (ver Figura 4.6). Un ejemplo de estas funciones sería agregar perspectiva, alguna vista en particular como el frente, el costado o la parte superior.

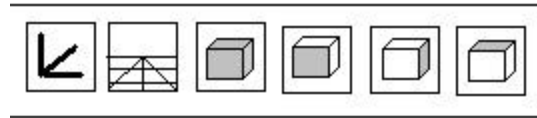


Figura 4. **¡Error! Argumento de modificador desconocido.** Iconos de visualización

Arbol de estructura

Esta interfaz es una manera particular de ver el mundo. La estructura es de árbol nos permite distinguir la jerarquía entre los distintos objetos. Además podemos ubicar rápidamente los objetos para modificarlos o agregarles objetos (ver Figura 4.7).

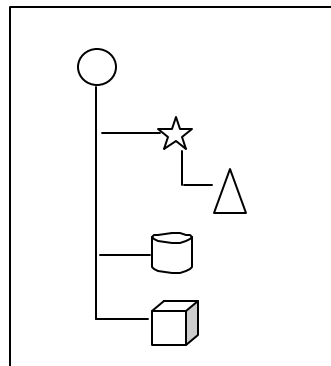


Figura 4. **¡Error! Argumento de modificador desconocido.** Interfaz de arbol de estructura

4.2 Módulo Control

4.2.1 Descripción

El módulo de control se encarga controlar las propiedades cinémicas de los objetos. Un ejemplo de propiedad cinemática puede ser el desplazamiento o rotación en uno o más ejes por parte de un objeto. Además de poder modificar estas propiedades es necesario que el módulo nos presente su valor en todo momento. Para el caso de robots este

módulo se encarga también de la cinemática inversa y del control de cada una de sus articulaciones.

Este módulo contiene solo dos objetos pero de una gran importancia:

Monitor Robot

Este objeto nos permite conocer y modificar el estado de un robot. Nos presenta el valor de cada una de sus articulaciones y la posición de su elemento terminal.

Monitor Objeto (Figura)

Este objeto nos muestra la posición, orientación, traslación y escala de cualquier figura. Además nos permite modificar sus propiedades.

El módulo de control recibe el objeto y sus características a modificar, esto lo realiza gracias a los monitores. En el caso de una figura, la operación puede ser una rotación, desplazamiento o cambio de escala. En el caso de un robot la operación puede ser más compleja como el de mover su elemento terminal a lo largo de un eje.

Este módulo se encargara de realizar la operación requerida y de avisar en caso de que haya habido algún problema y esta no se haya realizado.

Dentro de las operaciones de figuras tenemos las siguientes:

- Selección
- Rotación
- Desplazamiento
- Escalamiento
- Bloqueo de un eje
- Limite

Para un robot se maneja cualquiera de las siguientes operaciones:

- Incrementar o disminuir el valor de alguna de sus articulaciones
- Desplazar o girar su elemento terminal

El modelo de objetos del módulo de control corresponde a una clase adicional para la clase robot y otra para la clase figura (ver Figura 4.7).

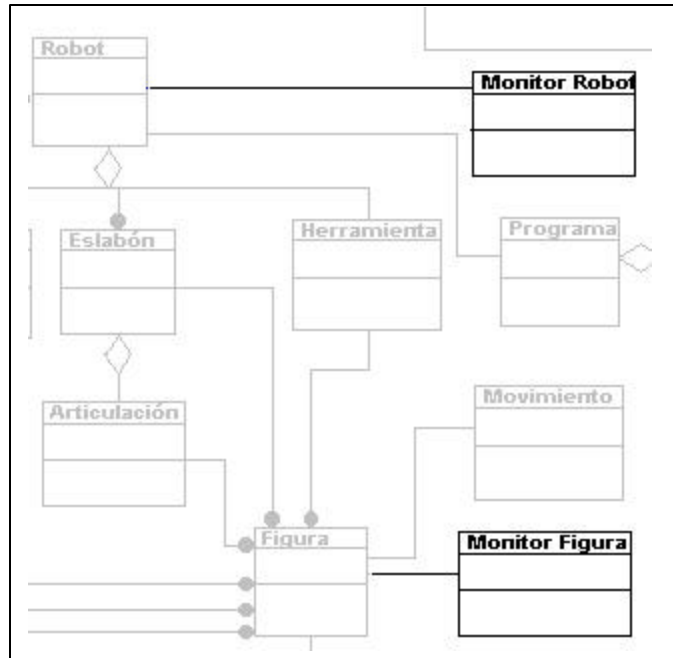


Figura 4. **¡Error! Argumento de modificador desconocido.** Modelo de objetos del Módulo de Control

4.2.2 Interfaz

Este módulo nos permite situar y colocar los objetos y robots en la posición deseada. Por lo tanto es necesario que muestre al usuario toda la información además de permitir modificarla. Para este motivo se diseñaron dos interfaces en forma de tablas,

Monitor Objeto

Muestra las propiedades del objeto seleccionado, nos permite también modificarlas. Podemos ver el diseño de la interfaz en la Figura 4.9.

Monitor Robot

Muestra las propiedades del robot seleccionado. Cada una de sus articulaciones y sus valores, además de la posición y orientación de su elemento terminal (ver Figura 4.9).

The image shows a control interface for a robot system, divided into two main sections: 'Monitor de objetos' (Object Monitor) on the left and 'Monitor de robots' (Robot Monitor) on the right.

Monitor de objetos (Left Panel):

- Posición:** A checkbox followed by input fields for X, Y, and Z coordinates.
- Rotación:** Input fields for X, Y, and Z rotation angles.
- Escala:** Input fields for X, Y, and Z scaling factors.
- Traslación:** Input fields for X, Y, and Z translation values.
- Actualizar:** A button at the bottom of the object controls.

Monitor de robots (Right Panel):

- Articulaciones:** A vertical stack of input fields labeled L1 through L6, representing different joints.
- TCP:** A sub-panel with input fields for X, Y, Z coordinates and A, B, C angles for the Tool Center Point.

Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Interfaz del monitor de objetos y el monitor de robots

Iconos de control

Estos iconos nos permitirán seleccionar la operación a realizar ya sea esta escalar, mover, rotar, o trasladar, la Figura 4.10 muestra el diseño de los iconos.

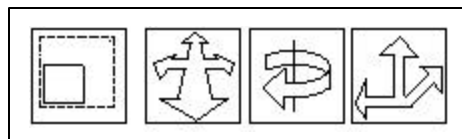


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Íconos de control

Iconos de selección

Los iconos de control servirán para escoger el tipo de objeto a modificar. Por ejemplo la cámara o los objetos.

Iconos de control de robot

Estos iconos permitirán mover el elemento terminal del robot y mostrar su trayectoria.

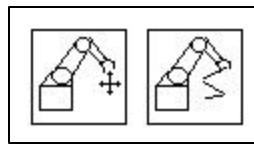


Figura 4. **¡Error! Argumento de modificador desconocido.** Iconos de control de robot

El control de los objetos y el robot debe ser posible a través de la ventana del mundo, respondiendo a los movimientos del ratón. El procedimiento en este caso sería, elegir la operación de la lista de iconos de control y realizar la modificación en la ventana del mundo.

4.3 Módulo Programación

4.3.1 Descripción

Este módulo nos permite crear una secuencia de pasos a seguir por parte de un robot u objeto. La manera en que cada paso se ejecuta es variable puede ser siguiendo una trayectoria lineal o punto a punto. Las clases punto y programa forman parte de este módulo.

Puntos

La clase punto muestra la posición y orientación de un punto en el espacio, una secuencia de puntos nos permiten especificar una trayectoria a seguir por parte de un robot u objeto.

Programa

Un programa es una lista de puntos. Dentro del programa se especifica el tipo de trayectoria que une sus puntos. Esta clase se encarga de asignar la posición y orientación de cada una de las articulaciones de un robot en cada punto del programa.

Este módulo recibe un robot con los puntos correspondientes al programa. Como resultado se tiene un robot programado con la secuencia correspondiente.

El módulo de programación realiza las siguientes funciones:

- Crear programa
- Borrar programa
- Agregar programa

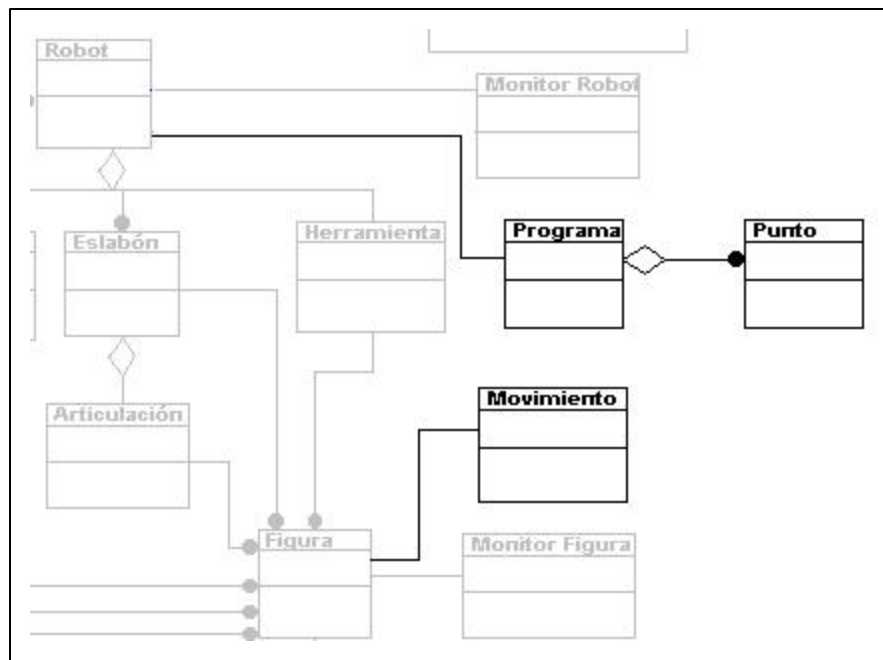


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Modelo de objetos del Módulo de Programación

El diagrama de la Figura 4.12 presenta las clases de este módulo. En el caso del módulo de programación se considera muy importante el poder mostrar y manipular los puntos que conforman un programa. Así que al momento de crear un programa sus puntos se mostrarán, de un color distintivo. Además debe ser posible manipularlos para situarlos en su posición deseada. En un principio se consideró el utilizar un archivo de texto, con una

línea por punto, ahora la ventaja de esta interfaz es que el usuario puede darse cuenta por donde exactamente va a pasar el robot por lo que la programación será mas sencilla.

4.3.2 Interfaz

La interfaz de este módulo debe ser lo suficientemente practica para poder utilizar todas las funciones correspondientes a los programas.

Iconos de robot

Esta barra de iconos contiene las funciones par asignar, modificar y eliminar un programa de un robot. La Figura 4.13 presenta su diseño.

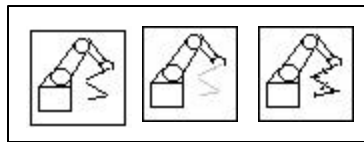


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Iconos de robot

4.4 Módulo Simulación (Animación)

4.4.1 Descripción

El módulo de simulación nos permite visualizar el comportamiento de un objeto con respecto al tiempo. Este módulo funciona de la siguiente manera, dado un tiempo y la posición de un objeto, los registra. Este paso se repite por cada movimiento del objeto, al final el módulo almacena y repite la trayectoria. Los objetos que se diseñaron fueron los siguientes:

Movimiento-posicion

Contiene los atributos de una figura en un tiempo determinado

Control de Animación

Nos permite asignar la animación en el tiempo que deseemos.

Para que el módulo de simulación funcione necesitamos el objeto y su posición junto con el tiempo. Esta se registra para después repetirla. El módulo de animación busca en cada objeto el tiempo y su posición. Repite los pasos especificados en pantalla.

Las operaciones que podemos realizar son las siguientes:

- Grabar posición
- Borrar posición
- Adelantar
- Atrasar
- Animar

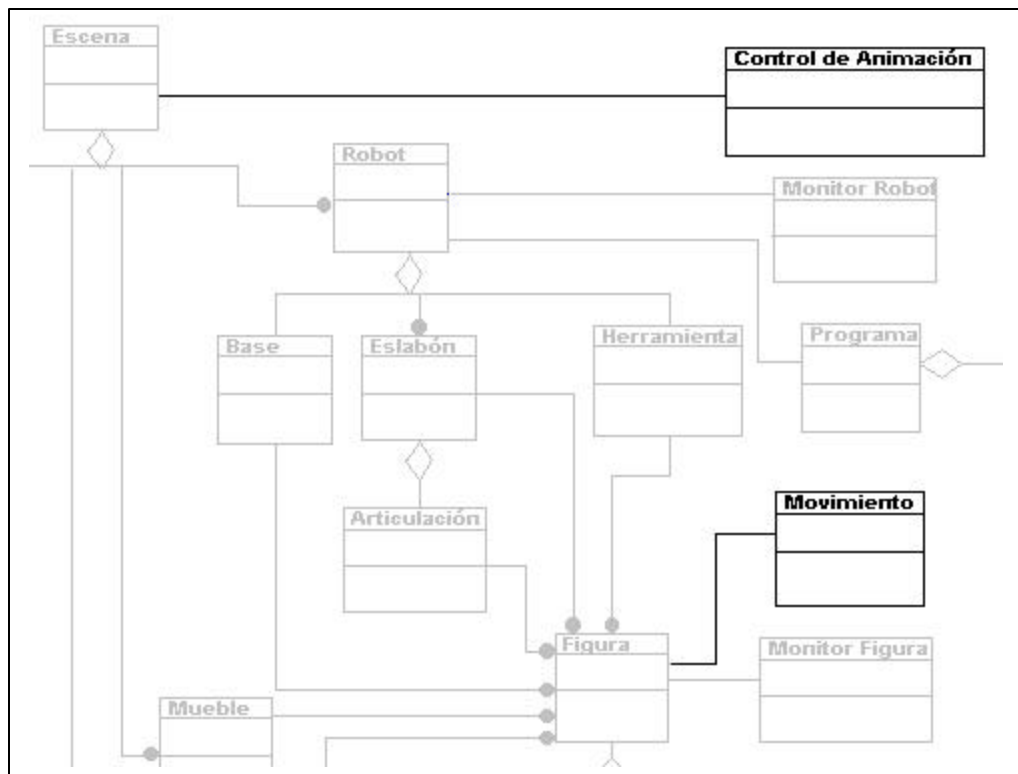


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Modelo de objetos del Módulo de Animación

La Figura 4.14 muestra como se completa el sistema ROBIN con el módulo de simulación.

El control debe fácil de utilizar es por eso que un panel similar al de una video casetera es el más idóneo para este caso. Con él podemos adelantar y retrasar una secuencia asi como saber su tiempo en todo momento:

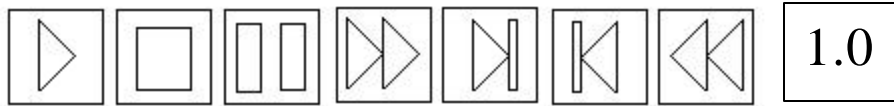


Figura 4. ¡Error! Argumento de modificador desconocido. Interfaz tipo VCR

Capítulo 4	Análisis y Diseño del sistema ROBIN.....	34
4.1	Módulo de Construcción.....	36
4.1.1	Descripción.....	36
4.1.2	Interfaz.....	40
4.2	Módulo Control.....	41
4.2.1	Descripción.....	41
4.2.2	Interfaz.....	43
4.3	Módulo Programación.....	45
4.3.1	Descripción.....	45
4.3.2	Interfaz.....	47
4.4	Módulo Simulación (Animación).....	47
4.4.1	Descripción.....	47
Figura 4. 1	Arquitectura del Sistema ROBIN.....	35
Figura 4. 2	Modelo del Sistema ROBIN.....	36
Figura 4. 3	Modelo de objetos del Módulo Construcción.....	39
Figura 4. 4	Interfaz de la vista del mundo.....	40
Figura 4. 5	Íconos de figuras.....	40
Figura 4. 6	Iconos de visualización.....	41
Figura 4. 7	Interfaz de arbol de estructura.....	41
Figura 4. 8	Modelo de objetos del Módulo de Control.....	43
Figura 4.9	Interfaz del monitor de objetos y el monitor de robots.....	44
Figura 4. 10	Íconos de control.....	44
Figura 4. 11	Ícónos de control de robot.....	45
Figura 4. 12	Modelo de objetos del Módulo de Programación.....	46
Figura 4. 13	Iconos de robot.....	47
Figura 4. 14	Modelo de objetos del Módulo de Animación.....	48
Figura 4. 15	Interfaz tipo VCR.....	49

Rumbaugh James, Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorensen W. Object-Oriented Modelling and Design. Prentice Hall. 1991