



CAPÍTULO I

PROGRAMACIÓN BÁSICA EN BLOQUE



1.1 Introducción

Dos de las grandes potencialidades del hardware LEGO MINDSTORMS es su simplicidad de configuración y la capacidad de escalamiento con otros dispositivos del mismo fabricante.

1.2 Fundamentación teórica

Desde la creación de la computadora, la educación se ha visto permeada por el uso de dispositivos tecnológicos para facilitar herramientas que coadyuven a mejorar los procesos académicos en el aula.

Autores contemporáneos, como Cesar Coll, Jordi Adell, entre otros, han venido impactando fuertemente en la educación mediante el uso de TIC como herramienta metodológica para mejorar el desempeño de los estudiantes en el aula de clase.

De la misma manera y buscando fortalecer el pensamiento lógico desde la programación de los dispositivos robóticos, se promoverá el desarrollo de una aplicación del LEGO MINDSTORMS donde el robot se mueva en diferentes direcciones y formando figuras geométricas.

Partiendo de esta premisa, se puede decir que en este primer momento del pensamiento espacial no son importantes las mediciones ni los resultados numéricos de las medidas, sino las relaciones entre los objetos involucrados en el espacio, y la ubicación y relaciones del individuo con respecto a estos objetos y a este espacio (MEN, 2003, p. 61).

1.3 Metodología

Los dispositivos robóticos LEGO MINDSTORMS han sido diseñados para ser armados por partes; entre ellas, se encuentran todo tipo de elementos mecánicos como piñones, bujes, rodamientos y demás elementos constitutivos, como sensores, servomotores entre otros.

Así mismo, este capítulo presenta el Bloque computacional que contiene cada uno de los dispositivos robóticos, la forma de acceder a su respectivo sistema y la manera de realizar programación básica haciendo uso de cada uno de sus componentes.

1.4 El Bloque NXT y EV3

El kit básico tiene un elemento central denominado BLOQUE, que es el encargado del procesamiento de información y almacena el conjunto de órdenes e instrucciones proporcionados por el usuario.



Figura 1. Bloques MINDSTORMS EV3 y NXT
 Imagen tomada de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms>

Existen dos modelos de este elemento con que actualmente se cuenta en el laboratorio de física de la UCP, el NXT y el EV3. Este último es la nueva versión de LEGO MINDSTORMS y aunque ambos cumplen eficientemente con las tareas asignadas, hay algunas diferencias importantes a tener en cuenta cuando se está trabajando con el EV3:

Tabla 1. Características de los modelos NXT y EV3

Criterio	NXT	EV3
Procesador	32 bit, 48 MHz 256 KB flash RAM 64KB RAM	64 bits, 300 MHz 16 MB Flash 64 MB RAM
Sistema Operativo	Propio	LINUX
Sensores	4 A/D 9600 bit/s	4 A/D 460 Kbit/s
Puerto Motores	3	4
USB (Com)	12 Mbit/s	480 Mbit/s
USB (Host)	No	Daisy-chain (3 niveles) Adaptador WIFI
Tarjeta SD	No	Ampliable 32GB
Comunicación	Android	Apple y Android
Interfaz	4 botones	6 botones incluyendo depuración y estado
Comunicación	Bluetooth USB 2.0	Bluetooth v2.1DER USB 2.0 (conexión con PC) USB 1.1 (conexión en cadena)

Sin embargo, para los objetivos de los procesos de enseñanza y aprendizaje que se desarrollan en este libro, cualquiera de los dos modelos responde a los requerimientos didácticos y tecnológicos de las prácticas planteadas. En este sentido, las explicaciones y asociaciones didácticas, tecnológicas y metodológicas se hacen considerando ambos Bloques –también conocidos como ladrillos, cerebros, unidades de procesamiento– pues tienen características muy similares tanto en las configuraciones como en la programación, aunque hay que aclarar que la unidad EV3 al ser más reciente cuenta con características adicionales especialmente en los que se refiere a la comunicación, el control y el procesamiento digital y análogo de datos. Estos aspectos no se tratan en el libro, ya que sobrepasa los objetivos propuestos para este proceso.

1.4.1 Generalidades del BLOQUE NXT

Este es el elemento central de LEGO MINDSTORMS y representa el cerebro del sistema; en él se ejecuta toda la programación, se emiten los comandos y acciones hacia los diferentes servomotores y se reciben las señales de los diversos sensores con que cuenta la aplicación.

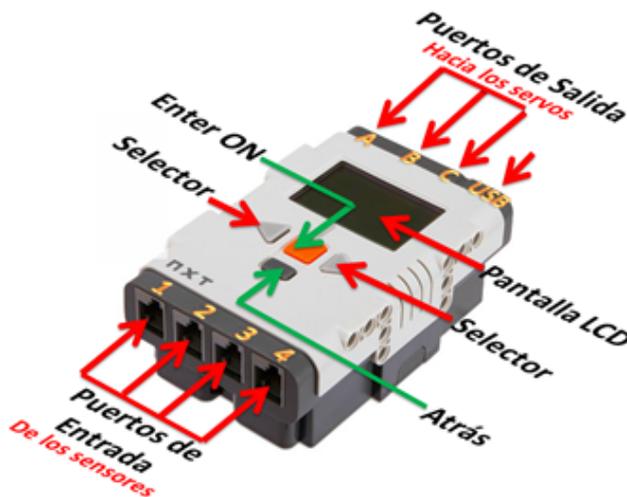


Figura 2. Partes fundamentales del Bloque NXT de LEGO MINDSTORMS

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Este microprocesador puede programarse para que tome algunas decisiones dependiendo del conjunto de entradas a las cuales se someta y las condiciones propias de la programación pre-existente en su memoria. Cuenta con cuatro puertos de salida con nomenclatura de las letras ABC; estos puertos normalmente se conectan a servomotores para facilitar el movimiento, pero también se puede conectar a lámparas que cumplen con la función de iluminar, al igual que facilita la navegación

cuando se intenciona el programa para que siga, por ejemplo, una línea. En algunas aplicaciones que se ilustran más adelante, se ejemplifica esta función.



Figura 3. Logo para protocolo USB y Bluetooth

Tiene un puerto USB estándar de comunicación bidireccional, es decir, permite la carga de programas desde el ordenador hacia el microprocesador, pero también permite descargar ampliamente datos que el microprocesador haya recogido en su programación. Esta función también puede ser ejecutada a través de protocolos *bluetooth* que son incorporados en la unidad. La unidad EV3, adicionalmente a esta función y a diferencia del NXT, puede conectarse vía WIFI a otros dispositivos, como computadores, tablas y celulares, aspecto que hace muy atractivo esta unidad sobre su predecesora.

Cuenta con cuatro puertos de entrada, numerados como 1, 2, 3 y 4; en estos puertos se conectan los diferentes tipos de sensores y en general dispositivos para la adquisición de datos que capturan la información del medio físico, la convierten en señal eléctrica y la trasmite al microcontrolador.



Figura 4. Botones de comando unidad NXT

La unidad NXT cuenta con cuatro botones: el naranja es para encender la unidad y escoger una determinada función –ENTER-; los botones en forma de triángulo se usan para navegar a lo largo de las diferentes funciones, de izquierda a derecha o viceversa; y el botón cuadrado de color gris permite volver al menú anterior. Más adelante se hará una descripción detallada de estos botones dentro de los protocolos de programación.

La pantalla de visualización es bastante intuitiva y amigable; contiene una serie de íconos importantes que ilustran el estado operacional del dispositivo y le facilitan al usuario encontrar rápidamente las razones por las cuales el dispositivo podría no

estar operando correctamente. En la parte superior de la pantalla se encuentra la barra de estado, con algunos indicadores como se muestra en la Figura 5, donde bosqueja de forma aproximada lo que el usuario puede encontrar en las unidades LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 o superiores:



Figura 5. Pantalla principal de visualización

Algunas de estas funciones pueden ser controladas desde el mismo BLOQUE; algunas deben ser controladas desde el ordenador y cargadas al dispositivo.

Tabla 2. Significado de los principales íconos en la unidad NXT

	Bluetooth encendido
	Bluetooth encendido y visible para cualquier dispositivo
	Bluetooth encendido y conectado a otro dispositivo
USB	Conexión USB establecida y funcionando apropiadamente
	Conexión USB establecida pero no funcional
	Unidad NXT funcionando correctamente
	Nivel de batería

Las entradas y salidas del BLOQUE NXT vienen predeterminadas por defecto para la realización de pruebas (Try Me), como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Puertos de conexión de los sensores de las unidades NXT
Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Los sensores se pueden colocar en cualquiera de los puertos numerados del 1 al 4; sin embargo, al momento de realizar algunos de los test preinstalados por el fabricante, se exige que estén conectados como se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Identificación de los puertos de entradas de la unidad NXT

Puerto	Sensor
1	Contacto
2	Sonido
3	Luz
4	Ultrasónico

Para los puertos de salida, ocurre algo semejante a lo mostrado en la Figura 7.



Figura 7. Puertos de salida para conexión de motores y/o lámparas

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

La unidad trae consigo adaptadores para poder conectar ya sean los motores o las lámparas a estos puertos, identificados con las letras A, B y C; para la fase de pruebas, el sistema viene configurado por defecto, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Identificación de puertos de salida en la unidad NXT

Puerto	Sensor
A	Motor o lámpara para función adicional
B	Motor para movimiento. Usado para el lado izquierdo
C	Motor para movimiento. Usando para el lado derecho
USB	Conexión USB para comunicación con PC

De la misma forma que en los sensores, los motores y las lámparas pueden conectarse en cualquiera de los tres puertos destinados para ese fin; el único punto de salida con destinación específica es el puerto USB, que está destinado a la comunicación bidireccional entre el dispositivo y la computadora.

1.4.2 Generalidades del Bloque EV3

Varias de las características de las unidades LEGO MINDSTORMS se plantearon para la unidad NXT y son igualmente funcionales para las unidades EV3, por lo que no se explicará en detalle la naturaleza y alcance de las mismas, aunque

se mencionarán de modo que el lector pueda familiarizarse. Se hace entonces un mayor esfuerzo en detallar el nuevo hardware y software que no están presentes en la unidad NXT.

El Bloque de la unidad NXT tiene en total cuatro botones con los cuales se puede controlar enteramente el equipo; las unidades EV3 tienen seis botones con más funciones que facilitan tanto la navegación como la interacción con el *software* preinstalado –este *software* forma parte de la familia de programas LINUX–, al igual que facilita la comunicación con otras unidades LEGO y con PCs.

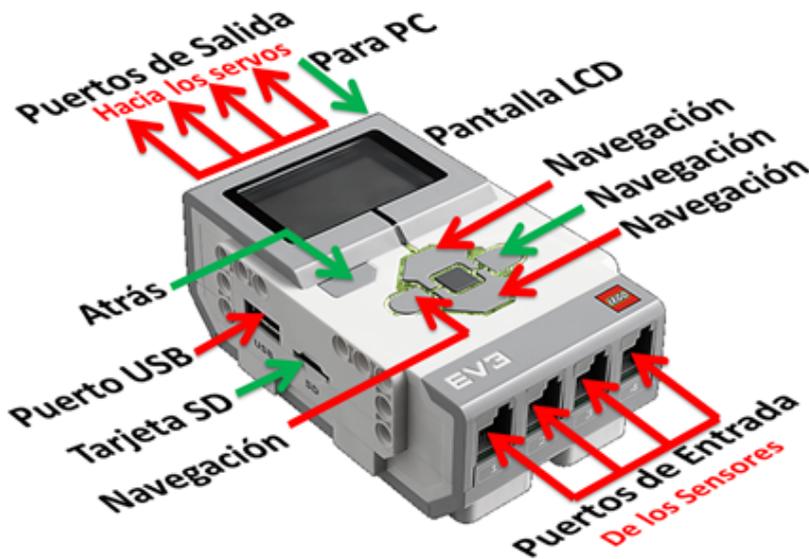


Figura 8. Partes fundamentales del Bloque EV3 de LEGO MINDSTORMS

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Esta unidad cuenta con cuatro puertos de salida para el control de los diferentes motores o lámparas del SET. Estas ranuras se nombran con letras A,B,C y D –un puerto más en comparación con la unidad NXT, que solamente cuenta con tres puertos de salida–, como muestra la Figura 9.

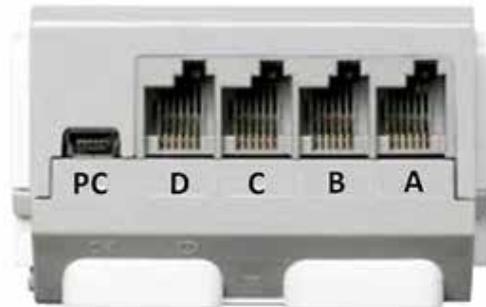


Figura 9. Parte de superior de la unidad EV3, con cuatro puertos de salida un puerto USB

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

La Tabla 5 ilustra la forma adecuada de conectar cada motor en cada puerto, aunque al igual que la unidad NXT, a estos puertos se pueden conectar cualquier otro tipo de actuador, como lámparas y demás servomotores. Lo importante es indicarle a la unidad el tipo de elemento que tiene conectado, en caso de que no lo reconozca.

Tabla 5. Identificación para los puertos de salida

Puerto	Sensor
A	Motor mediano
B	Motor grande para avance. Usado para el lado izquierdo
C	Motor grande para avance. Usado para el lado derecho
D	Motor grande
PC	Conexión USB para comunicación con PC

Los puertos B y C de la unidad EV3 trabajan conjuntamente para producir tanto avances como rotaciones; existe una herramienta de programación que trabaja simultáneamente con estos dos motores.

En esta zona de puertos de salida, la unidad ofrece un mini puerto USB –PC– que le sirve para conectarse de forma física con un PC y enviar bidireccionalmente información. Esta aplicación es especialmente útil para el procesamiento análogo–digital de datos. Adicionalmente, el EV3 tiene un puerto USB que le facilita la conexión con otras aplicaciones tanto del mismo fabricante como de otros dispositivos electrónicos. Al igual que la unidad NXT, la unidad EV3 tiene cuatro puertos de entrada que reciben información unidireccional de los sensores, analizados en detalle un poco más adelante.



Figura 10. Botones de comando de la unidad EV3

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

La Figura anterior muestra los seis botones de comando de la unidad EV3: el botón 1 –Back– tiene fundamentalmente las funciones de revertir una acción o comando previo, abortar la ejecución de un programa o rutina y también sirve para apagar la unidad; los botones marcados con 2 –arriba, abajo, derecha e izquierda– tienen la función de navegar entre los contenidos de la unidad EV 3, ya que a diferencia de su predecesor, la unidad presenta un ambiente gráfico muy atractivo. Finalmente, el botón 3 –OK, Enter– tiene como función permitir la sección que el usuario haga de alguna de las opciones que muestra la pantalla de la unidad LCD.

Una de las particularidades del teclado es que puede alumbrar en tres tonalidades diferentes –rojo, naranja y verde–, indicando diversas situaciones:

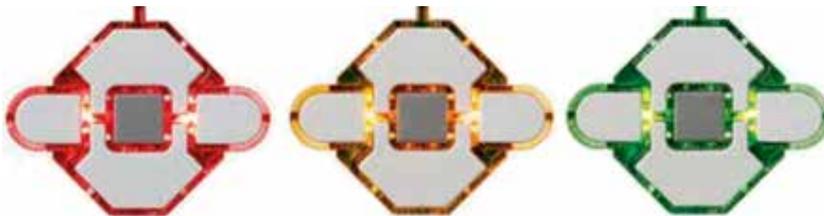


Figura 11. Colores que indican el estado de la unidad EV3

- **Rojo continuo:** la unidad está inicializándose, apagándose o actualizando.
- **Rojo titilante:** la unidad no puede atender pues se encuentra ocupada.
- **Naranja:** la unidad está lista y esperando una instrucción.
- **Naranja titilante:** la unidad está lista y ejecutando una rutina.
- **Verde:** la unidad está lista, pero no espera ninguna instrucción.
- **Verde titilante:** la unidad está ejecutando un programa.

En cuanto a los actuadores y específicamente tratando el tema de los motores, la unidad EV3 trae adicionalmente un motor más pequeño –*Medium Motor*– que no tiene la unidad NXT, pero su funcionamiento es comparable con los motores tradicionales de las unidades LEGO, con unas ligeras diferencias.



Figura 12. Motores

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

El motor grande puede girar a una velocidad máxima de 160 rpm –revoluciones por minuto– con un torque de 20 Ncm en movimiento y un torque de 40 Ncm de arranque –Newton por centímetro–. El motor mediano puede girar a una velocidad máxima de 240 rpm, pero tiene un torque en movimiento de 8 Ncm y un torque de arranque de 12 Ncm. Como se puede ver, el motor mediano es más rápido pero tiene menos fuerza. Otro de los sensores que no vienen con la unidad NXT y que aparecen con la unidad EV3 es el sensor giroscópico –gyro sensor–; este es un dispositivo capaz de detectar el movimiento rotacional o giro que experimenta, para el caso del EV3. Este elemento solo puede percibir el giro en un solo eje, con una tasa de rotación no mayor a $440^{\circ}/s$, valores superiores el fabricante no da confiabilidad de la medida.

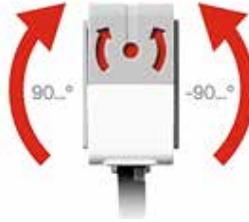


Figura 13. Sensor de Giro en la unidad EV3.

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Este sensor es especialmente útil para medir, por ejemplo, el giro del robot o de una parte de este mismo; también le sirve para medir la posición con respecto a un eje y saber por ejemplo si se está rotando. Es importante esto para saber, por ejemplo, si se está cayendo.

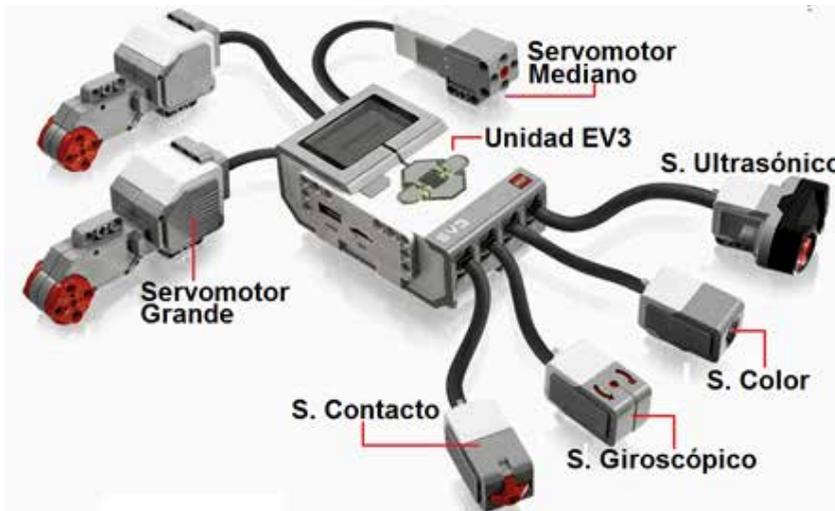


Figura 14. Unidad EV3 con diferentes sensores y actuadores

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

El resto (sensor de contacto, sensor de luminosidad o color, el sensor ultrasónico y el sensor de sonido) tiene una naturaleza y comportamiento idénticos a los vistos para la unidad NXT, por lo que no se hace más énfasis en esta parte del libro, aunque se explicitarán algunas diferencias al momento de programarlos en la unidad NXT y en la unidad EV3.

1.5 La Programación del NXT 2.0

Como ya se había mencionado, una de las grandes cualidades de esta tecnología es su escalabilidad con otros desarrollos tecnológicos en adición a que está pensada para que pueda ser utilizada como herramienta educacional para niños, niñas y

jóvenes de casi cualquier edad, y que potencia los procesos de pensamiento en las áreas de robótica, ciencia, ingeniería, matemática y programación.

El microcontrolador LEGO MINDSTORMS NXT usa un computador de 32 bits y su programación está desarrollada con base en el *software* LabVIEW de la *National Instruments*, el cual tiene una vasta experiencia en aplicaciones interactivas y con ambientes gráficos muy amigables. Este elemento es fundamental para capturar el interés de los estudiantes del nivel de básica primaria y de básica secundaria en el área de las matemáticas.

1.5.1 El Menú principal

Una vez se ingresa al menú del BLOQUE NXT 2.0, existen diferentes opciones y carpetas orientadas a la ejecución de programas e igualmente para almacenar y capturar información; estas opciones son visualmente amigables con el usuario y fáciles de comprender.

Tabla 6. Menú y submenús del BLOQUE NXT

<i>My File</i> (Mis archivos)	<i>Software Files</i> (Archivos de <i>Software</i>). Esta carpeta contiene los programas cargados por el usuario desde el computador. <i>NXT Files</i> (Archivos NXT). Esta carpeta contiene los programas desarrollados directamente en la unidad NXT.
<i>Sound Files</i> (Archivos de Sonidos).	Esta carpeta tiene los archivos de audio tanto precargados como descargados.
<i>NXT Programs</i> (Programas NXT)	Se usa para desarrollar programas directamente en el Bloque y que se guardan posteriormente en la carpeta NXT Files.
<i>Try Me</i> (Pruébame)	Son un conjunto de programas precargados en el BLOQUE y que se usan para testear el estado de los motores y sensores.
<i>View</i> (Visualización)	Es la opción que facilita conocer el estado en tiempo real de los diferentes motores y sensores con que cuenta la unidad.
<i>Setting</i> (Configuración)	Esta opción establece condiciones de operación, encendido y apagado del BLOQUE; igualmente, la forma como se cargan programas, modificar archivos e inclusive permite definir el nivel de volumen de los parlantes.
<i>Bluetooth</i>	Esta opción permite configurar el Bluetooth y demás parámetros de configuración inalámbrica

1.5.2 Carpetas y Archivos en el Bloque NXT 2.0

Como toda unidad de procesamiento, el BLOQUE NXT tiene la capacidad de almacenar información y datos; la Figura 15 ilustra estas carpetas y subcarpetas.



Figura 15. Pantallas del menú “My Files”

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Cuando se usa el programa proporcionado por LEGO, la carga de archivos a la unidad se orienta de forma automática a la carpeta correspondiente. Otra particularidad de estos archivos es que una vez seleccionados, pueden ser enviados a otras unidades NXT directamente sin pasar por un PC, usando protocolos *Bluetooth*.

1.5.3 Programación en la Unidad NXT

Como ya se ha mencionado, es bastante simple la programación tanto aplicada directamente sobre el BLOQUE, como a través de una computadora de escritorio o portátil. En esta sección se plantean los primeros pasos para la programación directa en el BLOQUE sin el concurso de un computador, lo que puede resultar bastante útil especialmente para los niños, ya que a ellos en sus primeras fases les podría resultar dispendiosa la programación estructurada y orientada a objetos que se usa en los ordenadores. La Figura 16 ilustra lo que el usuario verá en el Bloque cuando accede a esta función.



Figura 16. Submenú para la programación directa del BLOQUE NXT

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

A manera de ilustración sobre la forma como se programa a través de esta utilidad, proponga a los estudiantes el siguiente ejemplo:

Mi primer programa con LEGO MINDSTORMS NXT

Ejemplo 2.1. Prográmesse el robot para que se mueva hacia adelante hasta que se accione el sensor de presión, en cuyo caso el robot deberá moverse hacia atrás hasta que de nuevo se accione el sensor de presión. Este movimiento debe repetirse hasta que se interrumpa manualmente el programa.

Solución: Conectando el sensor y los motores en las posiciones correctas que vienen por defecto, es decir, el sensor en el puerto 1 y los motores en el puerto B y C, se procede con las siguientes instrucciones:



Figura 17. Selección FORWARD (Hacia adelante)

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Paso 1. Seleccione **FORWARD** (adelante) navegando entre las diferentes opciones disponibles usando los botones de Izq-Der (de color gris oscuro y en forma de triángulo); una vez seleccionado presione ENTER/ON (botón naranja). Nótese que una vez se ejecuta esta instrucción, el primer Bloque en la parte superior de la pantalla queda lleno.



Figura 18. Selección TOUCH (Toque)

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Paso 2. Usando un procedimiento equivalente al paso 1, seleccione la opción **TOUCH** (toque). Esto le indicará al computador que deberá moverse hacia adelante hasta que reciba una señal proveniente del sensor y este la activará una vez sea presionado el elemento. Nótese de nuevo que los Bloques en la parte superior de la pantalla se van llenando una vez se termina una instrucción.



Figura 19. Selección BACKWARD (hacia atrás)

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Paso 3. Usando un procedimiento equivalente al planteado en los pasos anteriores, seleccionar *Backward*; esto le indica al BLOQUE que una vez presionado el sensor, los motores deben girar en sentido contrario para que el robot se mueva hacia atrás. Nótese que cuando se usan los puertos por defecto con que vienen programados los NXT, no es necesario especificarlos y las instrucciones se orientan de forma automática hacia el puerto correspondiente. Más adelante se van a cambiar de posición de los sensores y motores, de tal forma que sea necesario especificarle al BLOQUE el lugar que ocupan en el puerto.



Figura 20. Selección TOUCH (Toque)

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Paso 4. Usando el mismo procedimiento, seleccionar la opción TOUCH de tal forma que le indique al robot que debe moverse hacia atrás hasta que sea activado el sensor correspondiente.



Figura 21 . Selección LOOP (repetir)

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Paso 5. Usando un procedimiento equivalente, se selecciona la instrucción LOOP (ciclo o repetir), que lleva al BLOQUE a repetir toda la programación entre dos momentos específicos; en este caso, desde el inicio del programa.

Este conjunto de cinco instrucciones hace que el robot avance y retroceda cada vez que se presiona el sensor. Ahora se debe ejecutar todo el programa, para lo cual hay un sexto paso.



Figura 22. Selección RUN. Ejecutar el programa

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Paso 6. Usando un procedimiento equivalente, se selecciona la opción RUN (correr o ejecutar), que hace que el microcontrolador ejecute y desarrolle el programa cargado en su memoria.

En este momento, el LEGO debe estar moviéndose hacia un lado o el otro de forma indefinida, en caso de no estar ejecutando la programación; seguramente faltó uno de los cinco pasos anteriormente expuestos.

1.5.4 Opción *Try Me*

La opción *Try Me* –Pruébame– de la unidad LEGO MINDSTORMS NXT le permite a los usuarios interactuar directamente con los sensores y servomotores a través de programas preinstalados por defecto.



Figura 23 Opción Try Me de la unidad NXT

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Es importante recordar que los servomotores y sensores deben estar conectados en los puertos correspondientes. Una vez seleccionada esta opción, debe aparecer una serie de submenús de los cuales, por ejemplo, se puede escoger la rutina para el sensor de presión.

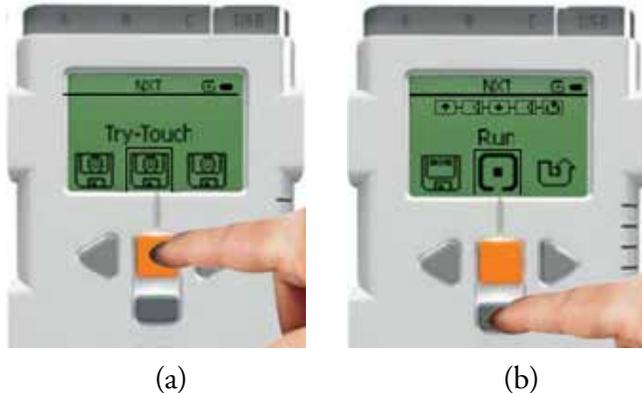


Figura 24. Submenú de la opción Try Me.

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Una vez se presiona el sensor, que debería estar conectado al puerto 1, el programa se ejecuta cíclicamente hasta que se presione el botón gris de cancelación.

1.5.5 Opción VIEW

La opción VIEW –ver– del BLOQUE le permite al usuario, entre otras cosas, hacer unas pruebas rápidas de las condiciones operativas y de información en los diferentes servomotores y sensores conectados a los puertos correspondientes.



Figura 25. Opción VIEW

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Para esta opción, no es necesario conectar los dispositivos en el puerto que viene por defecto; el sistema devolverá la información que encuentre en el puerto independiente del dispositivo que tenga conectado.

1.5.6 Opción *Settings*

El submenú SETTINGS –ajuste– permite configurar parámetros de funcionamiento del dispositivo, tal como el volumen de los altavoces o el tiempo que debe esperar la unidad sin que haya actividad para apagarse.



Figura 26. Opción Settings

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

A través de este comando, es posible también borrar subcarpetas, archivos de *software*, programas NXT, archivos de sonido, entre otros que hayan sido precargados por el usuario.



Figura 27. Opción para borrar archivos

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Aunque es posible borrar archivos que el usuario cargue al sistema, no es posible borrar los archivos precargados en el mismo. Sin embargo, en el caso de los archivos de propiedad del usuario, una vez borrados no se pueden recuperar; en este sentido, es importante tener siempre una copia de seguridad de estos.

1.6 Programación básica del EV3

Aunque la mayoría de las potencialidades y ventajas de la programación de las unidades LEGO –incluyendo la programación para el Bloque NXT– se aprovechan en su máxima expresión cuando se usan las interfaces en computadoras y tabletas, resulta útil aprender a programar estos dispositivos directamente sobre ellos mismos; para esto se describen las partes más representativas del Bloque EV3.

Primero, se debe partir del hecho de que es posible acceder a un menú mucho más amigable y desplegado en comparación con el Bloque NXT, que es más lineal.



Figura 28. Pantalla principal del Bloque EV3

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

En la pantalla principal del Bloque EV3 (Figura 28) se puede apreciar una visualización por carpetas y cada una se puede componer con subcarpetas donde se puede guardar y organizar los archivos y programas de interés, al igual que archivos de sonido e imagen asociados a los programas. A cada carpeta se puede acceder usando los botones de navegación con que cuenta la unidad –arriba, abajo, izquierda y derecha–; una vez se selecciona, se ingresa con el botón central. Para salir de la

subcarpeta y regresar a la carpeta de orden superior, se usa el botón Atrás –Back– que está en la parte izquierda de la unidad.

La interfaz del EV3 tiene cuatro secciones básicas –cuatro carpetas– que se visualizan en la parte superior de la pantalla y que dan acceso a todas las funciones del Bloque; estas cuatro secciones son:

- Ejecuciones Recientes –*Run Recent*–
- Archivos y Programas –*File Navigation*–
- Aplicaciones del Bloque –*App Brick*–
- Configuración –*Settings*–

1.6.1 Ejecutar Recientes –*Run Recent*–

Esta es la primera pantalla con que el usuario se encuentra cuando enciende el dispositivo. Es normal que esté en blanco cuando nunca se ha corrido un programa o cuando el Bloque fue reiniciado, por alguna razón.



Figura 29. Pantalla de Ejecutar Recientes

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Esta herramienta es especialmente útil para evitar la necesidad de buscar los programas guardados en la carpeta de archivos; los últimos programas están disponibles para que el usuario acceda y ellos tienen vínculo directo con todas las subrutinas y demás archivos asociados, como son los sonidos y las imágenes.

1.6.2 Navegación de Archivos –*File Navigation*–

En esta pantalla se puede acceder a todas las carpetas, subcarpetas, programas y demás archivos guardados en el Bloque o en la memoria de expansión –SD Card–.



Figura 30. Pantalla Archivos y Programas

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Los programas son organizados automáticamente por el Bloque en lo que se denomina Carpetas de Proyecto –*Project Folders*–, las cuales además del programa mismo creado por el usuario, contiene los archivos de sonido y de imagen que se asocian cuando se ejecuta la rutina. Los programas creados por el usuario pueden ser guardados, movidos o eliminados, pero los programas preinstalados por LEGO no pueden ser eliminados, así se reinicie el Bloque. Los programas creados directamente por el usuario en el Bloque son guardados separadamente en una carpeta denominada BrkProg_SAVE; cuando los programas son creados en la aplicación para PC o para Tableta, son almacenados en un lugar diferente.

1.6.3 Aplicaciones del Bloque –*Brick App*–

Estas unidades EV3 vienen de fábrica con cinco aplicaciones preinstaladas por el fabricante LEGO; sin embargo, el usuario puede crear sus propias aplicaciones y descargarlas en el Bloque, el cual las guardará y aparecerán en esta pantalla.



Figura 31. Pantalla Aplicaciones del Bloque

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

La primera aplicación se llama Visualización de Puertos –*Port View*–, que le permite al usuario enterarse del estado en el que se encuentran los dispositivos conectados a los puertos de la unidad; esto incluye los puertos de salida y los de entrada. El Bloque está en capacidad de identificar el tipo de sensor o el tipo de motor conectado a cada una de sus entradas de forma automática, aunque también en Configuración se pueden asignar discrecionalmente estos puertos.

La segunda aplicación es control de motores –*Motor Control*– que permite, como su nombre lo dice, controlar el movimiento de cada uno de los motores ya sea hacia adelante o hacia atrás. Sin embargo, hay que tener en cuenta dos diferentes modos con los cuales se puede acceder a estos motores. El primer modo da cuenta de la forma como se puede controlar el motor conectado al puerto A –se controla hacia adelante o atrás presionando los botones arriba abajo– o al puerto D –se controla presionando los botones izquierdo y derecho–.

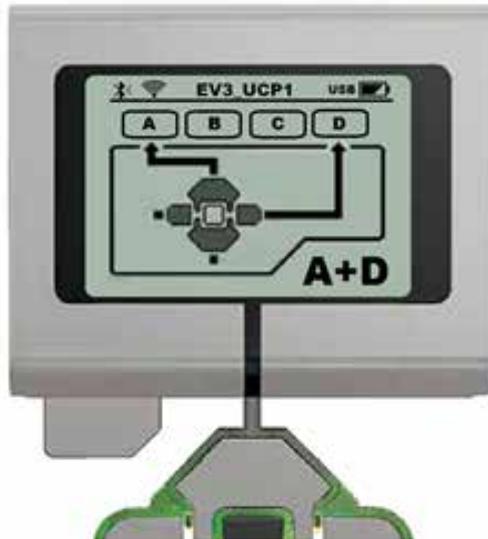


Figura 32. Pantalla de Control de Motores

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

El segundo modo son los motores conectados al puerto B –que se controla mediante los botones arriba y abajo– y al puerto C –que se controla con los botones izquierdo y derecho–. Estos dos puertos son los que normalmente se usan para controlar el avance, retroceso y giro del robot, y trabajan de forma coordinada para lograr estas acciones, mientras que el puerto A y el puerto D se usan para el motor mediano.

La tercera aplicación es el control infrarrojo –IR Control– que tiene como función controlar el movimiento hacia adelante y hacia atrás de los motores, usando una baliza que emite una señal infrarroja percibida por el sensor que debe estar conectado al puerto número cuatro.



Figura 33. Control Infrarrojo y Sensor Infrarrojo EV3

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Se pueden controlar tanto los motores grandes como el motor mediano, haciéndolos mover hacia adelante o hacia atrás por medio del control remoto que también cumple funciones de baliza.

La cuarta aplicación es la Programación del Bloque –*Brick Program*–, la cual tal como se indica en el nombre, le permite al usuario construir un programa de forma similar a como se haría en la interfaz con la computadora. Al entrar a esta aplicación, el programa provee en la primera pantalla dos comandos, el primero de inicio –start– y el segundo de repetición –loop– y entre ellos un enlace. Al lado izquierdo se pueden ver dos comandos adicionales; el primero es abrir un programa que se encuentre almacenado en la memoria del Bloque y el segundo para guardar el programa que se esté trabajando en la pantalla de tareas.

Entre dos conjuntos de instrucciones se pueden agregar más comandos o instrucciones, ubicándose en el punto y presionando el botón de selección hacia arriba. Gráficamente, se puede ver en la pantalla una pequeña flecha que apunta hacia arriba y un conjunto de ocho cuadrados muy pequeños junto a ella; estos cuadrados ilustran las aplicaciones a las cuales se tiene acceso.



Figura 34. Pantalla de inicio para programar directamente en el Bloque

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Las instrucciones a las cuales se puede acceder desde el Bloque se muestran en la Figura 35:



Figura 35. Pantalla con diferentes aplicaciones para el EV3

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

El usuario puede navegar a lo largo de las aplicaciones –comando o instrucciones– mostradas y seleccionarlas con el botón del centro, anexándolas a la secuencia de instrucciones del programa. Estos comandos se pueden clasificar en dos grandes grupos: los comandos de acción y los de espera; los primeros se identifican por una flecha en la parte superior izquierda, mientras que los segundos se identifican por un reloj de arena en la misma parte; posteriormente se verán con más detalle estas funciones.



Figura 36. Configuración para ejecutar un programa

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Para ejecutar una rutina o un programa, se debe ubicar el cursor sobre el Bloque de inicio –*Start*– que siempre está al inicio del conjunto de instrucciones; posteriormente, se presiona el botón central y el programa empezará a ejecutarse, desarrollando las instrucciones dadas por el usuario hasta que llegue al final de la rutina o hasta que se detenga manualmente, en el caso de que el programa tenga ciclos repetitivos –*bucles*–.

La quinta aplicación que tiene esta pantalla corresponde al Registro de datos del Bloque –*Brick Datalog*– que se encuentra al final de la lista desplegada. Otra de las utilidades interesantes de las unidades LEGO y especialmente del EV3 es su capacidad para registrar los datos provenientes de los sensores y a partir de ellos construir tablas y gráficos para el usuario. Esta aplicación no se desarrolla en este documento ya que no es objetivo de aprendizaje, aunque es muy interesante y se deja a voluntad del lector profundizar en este tema.

Mi Primer Programa en el EV3

Ejemplo 2.2. *Prográmese el robot para que se mueva hacia adelante hasta que se accione el sensor de tacto en cuyo caso el robot deberá esperar 2 segundos para luego moverse hacia atrás hasta que de nuevo se accione el sensor de presión. Este movimiento debe repetirse tres veces.*

Solución: Conectando el sensor y los motores en las posiciones correctas que vienen por defecto, es decir, el sensor en el puerto 1 y los motores en el puerto B y C, se procede con las siguientes instrucciones

Paso 1. En la pantalla Aplicaciones de Programa –*Brick App*– se selecciona Programación del Bloque –*Brick Program*– y debe aparecer una pantalla similar a la mostrada en la Figura 37.



Figura 37. Ingreso a la aplicación para crear un programa

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Una vez se accede, la pantalla tiene dos Bloques (uno de inicio y otro de final) y el programa que se construya quedará entre estas dos estructuras.

Paso 2. Para incluir un Bloque de acción o un Bloque de flujo –Bloque de espera–, el usuario se debe ubicar entre dos Bloques en cuyo caso aparecerá una línea punteada que indica la inserción de un nuevo Bloque, tal como se muestra en la Figura 38.



Figura 38. Pantalla de inicio para la creación de un programa
Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

Paso 3. Una vez ubicado en este punto se accede al panel de opciones que ofrece el dispositivo. En este caso, se quiere que el robot avance hacia adelante; para lograr esto, el comando que corresponde es:

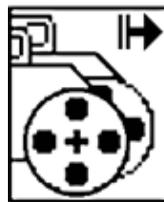


Figura 39. Ícono para que funcionen simultáneamente los motores

Y una vez seleccionado, en la pantalla debe aparecer un Bloque tal como se muestra a continuación.

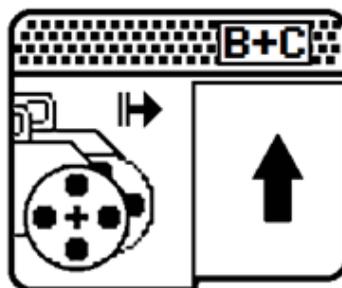


Figura 40. Instrucción que le indica al EV3 mover motores hacia adelante

La Figura 40 muestra los puertos donde están conectados los motores y allí el sentido de dirección. Al presionar el botón central se puede apreciar la forma en la cual se van a accionar los motores, que puede ser avance, giro a la derecha, giro a la izquierda y retroceso.

Paso 4. Los motores deben funcionar hasta que se presione el sensor de contacto; por tanto, se debe agregar un comando de acción; para la unidad EV3, el ícono de este sensor se muestra en la siguiente Figura:

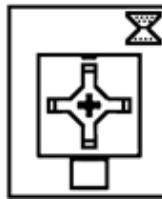


Figura 41. Ícono de sensor de tacto

Cuando se instala en la rutina aparece en pantalla algo similar a lo que se muestra en la Figura 42. De la misma manera que en los motores, en este sensor al presionar el botón central aparecen diferentes opciones de configuración, está *iniciar acción* cuando el sensor se presiona, cuando el sensor se libera o cuando se presiona e inmediatamente se libera.

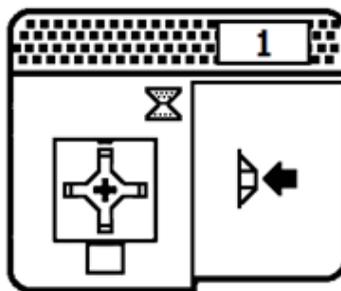


Figura 42. Instrucción de espera en el sensor de presión o tacto

El motor seguirá girando hasta que se presione este sensor; una vez hecho los motores, deberán invertir el sentido de giro. Sin embargo, hay que prestar especial cuidado porque se debe dejar un tiempo de espera, ya que mientras está presionado el sensor se podría entender como una segunda acción.

Paso 5. Para introducir una pequeña espera se busca el comando de tiempo, representado por:

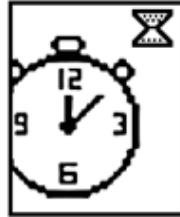


Figura 43. Ícono de lapso de tiempo

Una vez escogido, en la pantalla del EV3 debe aparecer una pantalla similar a la mostrada:

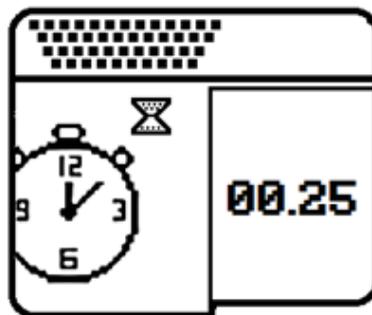


Figura 44. Comando de espera de la unidad EV3

Esta instrucción le indica al Bloque que cuando la instrucción anterior termina, espere 0,25s antes de iniciar la siguiente. Para cambiar el tiempo de espera se debe presionar el botón central, observando lo que cambia en la pantalla. Este lapso le da al usuario tiempo de liberar el botón de tacto; si no se colocara este comando seguramente se saltaría la instrucción siguiente.

Paso 6. Ahora se debe poner a mover los motores en sentido contrario; para ello, se hace un procedimiento muy similar al mostrado en el paso 3, con la diferencia en el sentido de la flecha, que va a indicar al Bloque hacia donde debe poner a girar los motores.

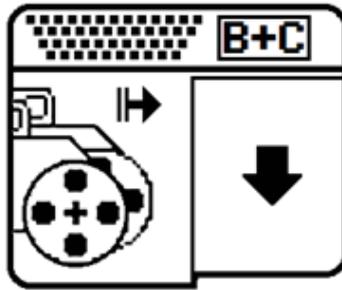


Figura 45. Instrucción que le indica al EV3 mover motores hacia atrás

Estos motores se moverán hacia atrás hasta que se pase al siguiente comando, que es volver a presionar el sensor.

Paso 7. Se debe agregar nuevamente con control de flujo por medio del sensor de presión después del movimiento de los motores hacia atrás, de forma equivalente a lo que se hizo en el paso 4.

Paso 8. Para evitar que el Bloque se confunda con los sensores de presión, ya que el usuario o el contexto lo puede dejar presionado más tiempo de lo necesario, se debe agregar una espera, que puede ser de nuevo de 0,25s, idéntico a lo sucedido en el paso 5.

Paso 9. Como se quiere que el robot repita esto indefinidamente, se debe especificar en la última instrucción –hasta que manualmente se detenga el programa–; para esto, ubicándose en el Bloque de finalización se acciona el botón central, lo cual hará que cambie un número dentro del Bloque. Este número representa el número de veces que se quiere repetir el programa.



Figura 46. Fin de la rutina o programa

Como el problema lo define, se debe repetir indefinidamente; para esto, presionando varias veces el botón central se llega al símbolo de infinito.

Paso 10. Una vez completado todo el programa, se debe guardar con el ícono de disquete que está al inicio de la secuencia; finalmente, el usuario debe ubicarse en el comando de inicio –el primer Bloque–, presionar de nuevo el botón central y el programa se ejecutará.

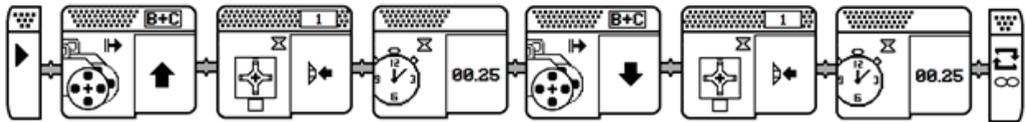


Figura 47. Programa completo de avance y retroceso del motor

Este conjunto de comandos e instrucciones hace que el motor se mueva hacia adelante o hacia atrás en la medida que se presiona el sensor de tacto.

1.6.4 Configuración del Bloque –*Settings*–

Esta última pantalla del Bloque le permite al usuario ver, cambiar y modificar diversos ajustes y configuraciones del Bloque; entre las opciones con que se cuentan, están:



Figura 48. Pantalla Configuración del Bloque

Fuente: Imagen adaptada de <https://www.lego.com/en-us/MINDSTORMS>

- Volumen: permite en escala porcentual, ajusta el volumen con que el Bloque emite sonidos.
- *Sleep*: es el tiempo que espera el Bloque para apagarse si no está realizando ninguna acción.

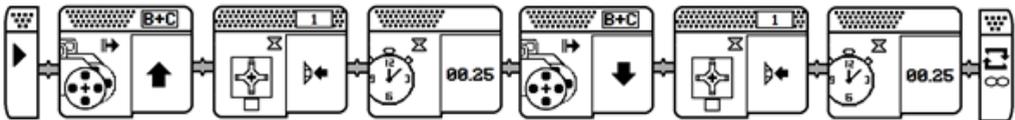
- *Bluetooth*: configura opciones de conexión y visualización vía Bluetooth.
- *WiFi*: configura opciones de conexión y visualización vía redes inalámbricas.
- *Brick Info*: opción que permite visualizar las características constructivas de la unidad EV3, al igual que asignarle un nombre.

Estas opciones le permiten a los usuarios interactuar directamente con la unidad EV3 programar directamente en ella, ajustar parámetros de los actuadores y de los sensores, al igual que parámetros de funcionamiento del dispositivo. Sin embargo, la interfaz con la computadora es más amigable, flexible, potente y con mayores posibilidades de ajuste.

1.7 Actividad de apropiación del conocimiento

Así como se desarrolló el ejemplo denominado *mi primer programa*, se solicita al estudiante que mediante el uso de los comandos vistos realice una secuencia donde el robot siga estas instrucciones:

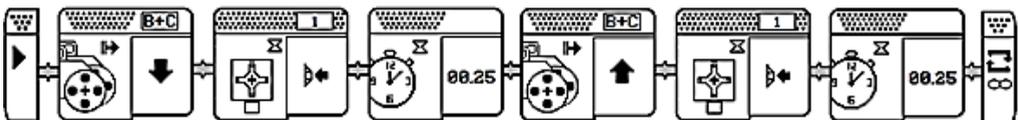
1. Se desplace hacia adelante y hacia atrás.



2. Realice una actividad similar, pero usando el sensor de ultrasonido.



3. Describa brevemente el resultado que se obtendría al realizar este proceso.



4. Describa la función de cada uno de los siguientes elementos:

