

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ACCESO REMOTO AL CONTROLADOR DE UN BRAZO MANIPULADOR**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Ismael Bautista  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista.

Caracas, mes de 2019 (Ej. mayo de 2009)

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ACCESO REMOTO AL CONTROLADOR DE UN BRAZO MANIPULADOR**

TUTOR ACADÉMICO: Profesora Tamara Pérez

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Ismael Jesús Bautista García  
para optar  
al título de Ingeniero Electricista.

Caracas, mes de 2019 (Ej. mayo de 2009)



*A quien desees dedicar este trabajo*

## RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Ismael J. Bautista G.

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE  
ACCESO REMOTO AL CONTROLADOR DE UN  
BRAZO MANIPULADOR**

**Tutor Académico:** nombre del profesor. Tesis. Caracas, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Mención Electrónica Computación y Control. Año 2019, 144 pp.

**Palabras Claves:** Palabras clave.

**Resumen.-** Escribe acá tu resumen

# ÍNDICE GENERAL

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE GENERAL	VIII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE ACRÓNIMOS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
EL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	2
1.2. Justificación . . . . .	2
1.3. Objetivos . . . . .	3
1.3.1. Objetivo general . . . . .	3
1.3.2. Objetivos específicos . . . . .	3
1.4. Alcance y limitaciones . . . . .	3
1.5. Análisis de factibilidad . . . . .	4
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes . . . . .	5
2.2. Fundamentos sobre brazos manipuladores. . . . .	6
2.2.1. Brazo manipulador. . . . .	6

2.2.2. Brazo pick and place. . . . .	7
2.2.3. PUMA. . . . .	7
2.2.4. Stanford. . . . .	8
2.2.5. Canadarm y Canadarm 2. . . . .	8
2.2.6. Brazo manipulador MA2000. . . . .	8
2.3. Acceso remoto. . . . .	8
2.3.1. Acceso remoto por Bluetooth. . . . .	8
2.3.2. Acceso remoto por Wi-Fi. . . . .	8
2.3.3. Acceso remoto por RF. . . . .	8
2.3.4. LEGO MindStorm NXT. . . . .	8
2.3.5. QNX Photon . . . . .	8
2.3.6. Aplicación de IoT. . . . .	8

## **TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS DE ACCESO REMOTO EN BRAZOS MANIPULADORES 9**

### **ACCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL DEL BRAZO MANIPULADOR MA2000. 10**

4.1. Planteamiento del problema . . . . .	10
4.2. Justificación . . . . .	10
4.3. Antecedentes . . . . .	11
4.4. Objetivos . . . . .	12
4.4.1. Objetivo general . . . . .	12
4.4.2. Objetivos específicos . . . . .	12
4.5. Alcance y limitaciones . . . . .	12
4.6. Análisis de factibilidad . . . . .	13



MARCO METODOLÓGICO	14
DESCRIPCIÓN DEL MODELO	15
PRUEBAS EXPERIMENTALES	16
RESULTADOS	17
CONCLUSIONES	18
RECOMENDACIONES	19
TÍTULO DEL ANEXO	20
TÍTULO DEL ANEXO	21
TÍTULO DEL ANEXO	22
REFERENCIAS	23

## LISTA DE FIGURAS

2.1. Eckovation . . . . .	6
---------------------------	---

## LISTA DE TABLAS

## LISTA DE ACRÓNIMOS

PUMA: Programmable Universal Machine for Assembly, o Programmable Universal Manipulation Arm.

# INTRODUCCIÓN

En este archivo debe escribir su introducción.

De acuerdo a Brea la transformada de Laplace debe estudiarse como una función definida en el campo de los números complejos Brea (2006).

Otro modo de referencial es (Brea, 2006)

El resto del reporte consta de: en el Capítulo ?? se describe...

En el trabajo se emplea el enfoque de Brigham (1974)

De acuerdo a la ecuación

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

El brazo manipulador que se encuentra en el Laboratorio de Control (LCID) actualmente cuenta con un controlador y una interfaz instalados en un computador que sirve de administrador de las acciones de control del sistema. No obstante, el brazo manipulador es de uso reducido porque necesita ajustes en cuanto al controlador y porque las plataformas computacionales se están haciendo obsoletas; por lo que se quiere añadir a esta implementación otro sistema para realizar acciones de control de forma remota.

### 1.2. Justificación

Este equipo permitirá reforzar conocimientos en el área de sistemas automáticos de control. Siendo este manipulador un diseño enfocado como equipo de laboratorio en la Escuela de Ingeniería Eléctrica (EIE)(Marcano, 2013), es siempre importante una propuesta para mejorar la utilidad del mismo utilizando nuevas tecnologías relacionadas con accesos remotos.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un prototipo de sistema de acceso remoto al controlador del brazo manipulador MA2000.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Documentar las técnicas y metodologías de acceso remoto empleadas comúnmente en brazos manipuladores.
- Determinar las acciones del sistema de control del brazo manipulador.
- Seleccionar los dispositivos necesarios para el diseño.
- Seleccionar el modo de acceso remoto.
- Diseñar el sistema de acceso remoto.
- Validar la propuesta.
- Realizar un manual del prototipo.

### **1.4. Alcance y limitaciones**

El presente trabajo estará solo enmarcado en el diseño del prototipo. Por lo tanto, no contempla una aplicación práctica a un sistema industrial real. Cualquier implementación física o ajuste mecánico para la validación no está contemplada en este trabajo.

## **1.5. Análisis de factibilidad**

Para la realización de este trabajo se cuenta con una documentación ampliada del sistema de control del brazo manipulador en cuestión. Además, existe suficiente información con respecto al internet de las cosas y manipulación remota de sistemas.

Por otra parte, al tratarse del diseño de un prototipo, no requiere necesariamente una implementación, por lo cual este trabajo se considera factible ya que disminuye los riesgos económicos y el autor considera que cuenta con la información necesaria.

De ser necesario, cualquier costo adicional será asumido por el autor. Por último, el tiempo que se propone se considera suficiente para la realización de este trabajo.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Marcano, Juan. "Implementación de sistema de programación de Trayectorias para el brazo manipulador MA2000". Universidad Central de Venezuela, 2013. Tutor: Prof. Alejandro González. Para establecer el control de posición del MA2000, se implementó un controlador de posición PID independiente para tres articulaciones utilizando el motor DSP de un dsPIC. Se desarrolló un software en el PC que se comunica con el microcontrolador y permite el ajuste dinámico del controlador PID y la visualización de la respuesta dinámica de cada articulación así como la programación de trayectorias. Se ha recuperado el funcionamiento de la pinza neumática del equipo y se ha elaborado documentación en línea del proyecto. (Marcano, 2013)

Labrador, Alexis. "Diseño de un equipo para el control y monitoreo de un motor asincrónico usando una aplicación móvil". Universidad Central de Venezuela, 2018. Tutor: Prof. Servando Álvarez. El presente trabajo reporta el diseño de un equipo para controlar el encendido y apagado, junto al monitoreo de tensión, corriente y tiempo de funcionamiento de un motor asincrónico usando un ordenador de placa reducida y un dispositivo móvil por medio de la red de comunicación Internet de las cosas. Para lograrlo se selecciona el ordenador de placa reducida Raspberry Pi 3 modelo B, el sensor ACS712, módulos de relés para el acciona-

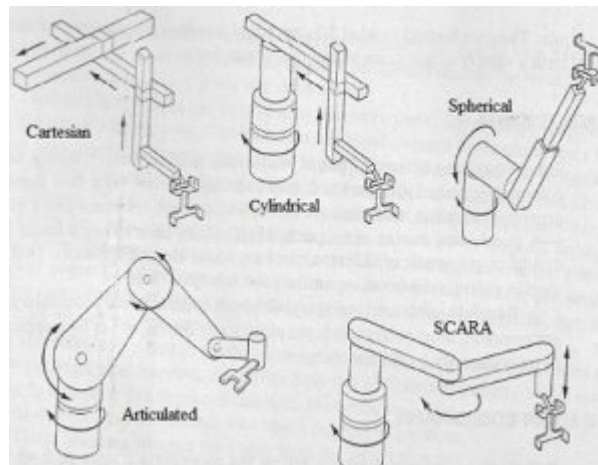
miento y componentes electrónicos, se elige y se programa la plataforma de IoT, Ubidots for Education, para el monitoreo y control de forma remota, se selecciona la arquitectura de red en estrella, se eligen los tipos y modo de avisos que tendrá el sistema según las que permite Ubidots for Education, para finalmente implementar dicho diseño con el fin de validar el correcto funcionamiento.(Labrador, 2018)

## 2.2. Fundamentos sobre brazos manipuladores.

### 2.2.1. Brazo manipulador.

Un brazo manipulador, o comúnmente llamado "brazo robot", es un sistema electrónico programado para realizar acciones de control a una parte mecánica. Estos existen de diversos tipos y morfologías y tienen múltiples aplicaciones industriales.

El término "brazo" se le atribuye por su similitud a la extremidad humana y a su funcionalidad. Contando en algunos casos con partes como codo", "muñeca", "hombro", "mano", entre otros. Existen de tipo: esférico, articulado, SCARA, cilíndrico y cartesiano. Como se observa en la figura 2.1.



**Figura 2.1.** <https://engineering.eckovation.com/pick-place-robotic-arm/>

Entre algunos brazos manipuladores conocidos se tienen: PUMA, Stanford, Canadarm y Canadarm 2.

### **2.2.2. Brazo pick and place.**

El término "pick and place" está asociado a la utilidad del brazo robótico. Ya que posee un elemento final que permite sostener y soltar un elemento deseado. Según la figura 2.1 cualquier tipo de brazo robot puede ser utilizado como pick and place, ya que no depende de sus grados de libertad ni de uniones, sino de poseer un elemento como una pinza o garra para cumplir una función específica.

Los siguientes brazos manipuladores a describir, se consideran del tipo "pick and place" debido a sus funciones.

### **2.2.3. PUMA.**

El brazo PUMA: Programmable Universal Machine for Assembly, o Programmable Universal Manipulation Arm, por sus siglas en inglés; es un robot industrial desarrollado por la empresa Unimation alrededor del año 1980. Entre los modelos más conocidos destacan los de la serie 500, que corresponden a brazos de seis grados de libertad con una herramienta final de control.

Ha sido muy utilizado en el campo de la medicina, ya que una característica importante de este sistema es que cuenta con un marco que le permite una mayor precisión y rapidez en los movimientos. Según se menciona en (Miller, Eriksson, Fleisher, Wiener-Kronish, y Young, 2009).

2.2.4. Stanford.

2.2.5. Canadarm y Canadarm 2.

2.2.6. Brazo manipulador MA2000.

2.3. Acceso remoto.

2.3.1. Acceso remoto por Bluetooth.

2.3.2. Acceso remoto por Wi-Fi.

2.3.3. Acceso remoto por RF.

2.3.4. LEGO MindStorm NXT.

2.3.5. QNX Photon

2.3.6. Aplicación de IoT.

## **CAPÍTULO III**

### **TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS DE ACCESO REMOTO EN BRAZOS MANIPULADORES**

## CAPÍTULO IV

### ACCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL DEL BRAZO MANIPULADOR MA2000.

#### 4.1. Planteamiento del problema

El brazo manipulador que se encuentra en el Laboratorio de Control (LCID) actualmente cuenta con un controlador y una interfaz instalados en un computador que sirve de administrador de las acciones de control del sistema. No obstante, el brazo manipulador es de uso reducido porque necesita ajustes en cuanto al controlador y porque las plataformas computacionales se están haciendo obsoletas; por lo que se quiere añadir a esta implementación otro sistema para realizar acciones de control de forma remota.

#### 4.2. Justificación

Este equipo permitirá reforzar conocimientos en el área de sistemas automáticos de control. Siendo este manipulador un diseño enfocado como equipo de laboratorio en la Escuela de Ingeniería Eléctrica (EIE)(Marcano, 2013), es siempre importante una propuesta para mejorar la utilidad del mismo utilizando nuevas tecnologías relacionadas con accesos remotos.

### 4.3. Antecedentes

Marcano, Juan. "Implementación de sistema de programación de Trayectorias para el brazo manipulador MA2000". Universidad Central de Venezuela, 2013. Tutor: Prof. Alejandro González. Para establecer el control de posición del MA2000, se implementó un controlador de posición PID independiente para tres articulaciones utilizando el motor DSP de un dsPIC. Se desarrolló un software en el PC que se comunica con el microcontrolador y permite el ajuste dinámico del controlador PID y la visualización de la respuesta dinámica de cada articulación así como la programación de trayectorias. Se ha recuperado el funcionamiento de la pinza neumática del equipo y se ha elaborado documentación en línea del proyecto. (Marcano, 2013)

Labrador, Alexis. "Diseño de un equipo para el control y monitoreo de un motor asincrónico usando una aplicación móvil?". Universidad Central de Venezuela, 2018. Tutor: Prof. Servando Álvarez. El presente trabajo reporta el diseño de un equipo para controlar el encendido y apagado, junto al monitoreo de tensión, corriente y tiempo de funcionamiento de un motor asincrónico usando un ordenador de placa reducida y un dispositivo móvil por medio de la red de comunicación Internet de las cosas. Para lograrlo se selecciona el ordenador de placa reducida Raspberry Pi 3 modelo B, el sensor ACS712, módulos de relés para el accionamiento y componentes electrónicos, se elige y se programa la plataforma de IoT, Ubidots for Education, para el monitoreo y control de forma remota, se selecciona la arquitectura de red en estrella, se eligen los tipos y modo de avisos que tendrá el sistema según las que permite Ubidots for Education, para finalmente implementar dicho diseño con el fin de validar el correcto funcionamiento. (Labrador, 2018)

## **4.4. Objetivos**

### **4.4.1. Objetivo general**

Diseñar un prototipo de sistema de acceso remoto al controlador del brazo manipulador MA2000.

### **4.4.2. Objetivos específicos**

- Documentar las técnicas y metodologías de acceso remoto empleadas comúnmente en brazos manipuladores.
- Determinar las acciones del sistema de control del brazo manipulador.
- Seleccionar los dispositivos necesarios para el diseño.
- Seleccionar el modo de acceso remoto.
- Diseñar el sistema de acceso remoto.
- Validar la propuesta.
- Realizar un manual del prototipo.

## **4.5. Alcance y limitaciones**

El presente trabajo estará solo enmarcado en el diseño del prototipo. Por lo tanto, no contempla una aplicación práctica a un sistema industrial real. Cualquier implementación física o ajuste mecánico para la validación no está contemplada en este trabajo.



#### **4.6. Análisis de factibilidad**

Para la realización de este trabajo se cuenta con una documentación ampliada del sistema de control del brazo manipulador en cuestión. Además, existe suficiente información con respecto al internet de las cosas y manipulación remota de sistemas.

Por otra parte, al tratarse del diseño de un prototipo, no requiere necesariamente una implementación, por lo cual este trabajo se considera factible ya que disminuye los riesgos económicos y el autor considera que cuenta con la información necesaria.

De ser necesario, cualquier costo adicional será asumido por el autor. Por último, el tiempo que se propone se considera suficiente para la realización de este trabajo.

## CAPÍTULO V

### MARCO METODOLÓGICO

## CAPÍTULO VI

### DESCRIPCIÓN DEL MODELO

## **CAPÍTULO VII**

### **PRUEBAS EXPERIMENTALES**

## CAPÍTULO VIII

### RESULTADOS

## **CAPÍTULO IX**

## **CONCLUSIONES**

## CAPÍTULO X

### RECOMENDACIONES

## Apéndice I

### TÍTULO DEL ANEXO



## Apéndice II

### TÍTULO DEL ANEXO

## Apéndice III

### TÍTULO DEL ANEXO

## REFERENCIAS

- Brea, E. (2006). *Cálculo Operacional* (1ra ed.). Caracas: Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central de Venezuela.
- Brigham, E. O. (1974). *The fast Fourier transform*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Labrador, A. (2018). *Diseño de un equipo para el control y monitoreo de un motor asincrónico usando una aplicación móvil*. Caracas: Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central de Venezuela.
- Marcano, J. (2013). *Implementación de sistema de programación de Trayectorias para el brazo manipulador MA2000*. Caracas.
- Miller, R., Eriksson, L., Fleisher, L., Wiener-Kronish, J., y Young, W. (2009). *Anesthesia e-book*. Elsevier Health Sciences. Descargado de <https://books.google.co.ve/books?id=NdtScV4iZGYC>