



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL

Sergio Alexander Castro Casadiego

Byron Medina Delgado

Luis Leonardo Camargo Ariza

Grupo de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, GIDT
Universidad Francisco de Paula Santander

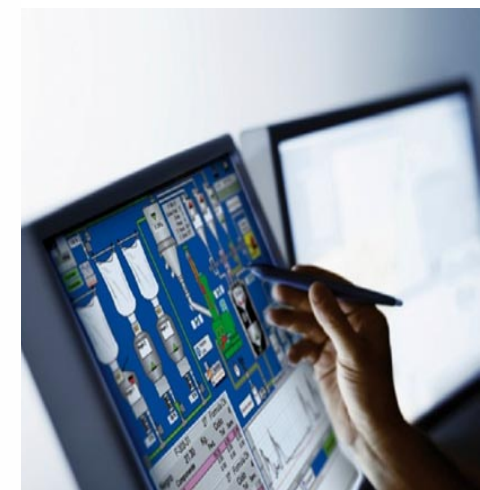
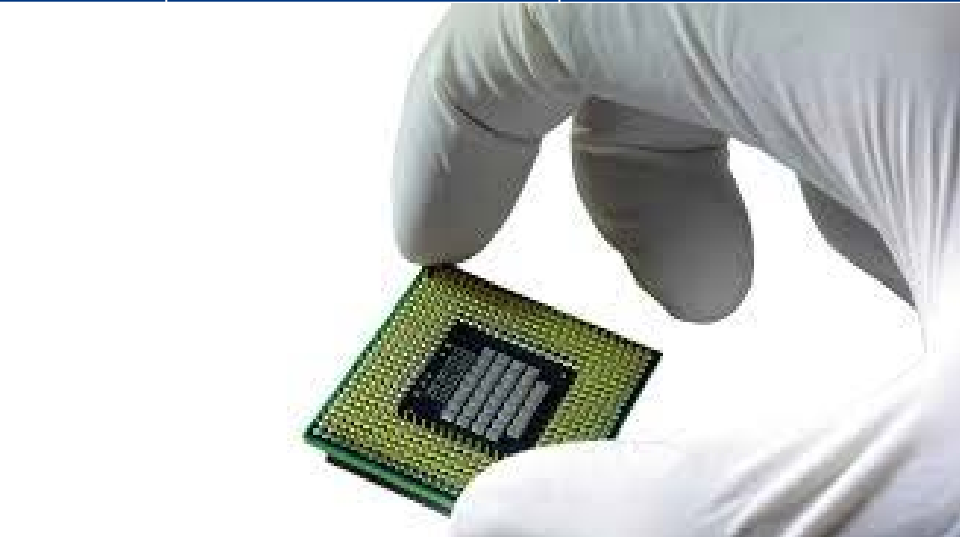
Grupo de Investigación en Desarrollo Electrónico y Aplicaciones Móviles, GIDEAM
Universidad del Magdalena



AGENDA

1. EL PROBLEMA
2. OBJETIVOS
3. METODOLOGÍA
4. RESULTADOS
5. CONCLUSIONES

1. EL PROBLEMA	2. OBJETIVOS	3. METODOLOGÍA	4. RESULTADOS	5. CONCLUSIONES
-----------------------	---------------------	-----------------------	----------------------	------------------------





APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo adaptar tecnologías
de hardware y software
que integradas presenten una alternativa
para gestionar un proceso industrial?



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. **OBJETIVOS**

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

OBJETIVO GENERAL

Proponer una solución tecnológica para integrar sistemas embebidos, instrumentación virtual y aplicaciones móviles, en un proceso industrial.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1 Seleccionar un proceso industrial.
- 2.2 Seleccionar las tecnologías.
- 2.3 Desarrollar el algoritmo para el sistema embebido.
- 2.4 Desarrollar una aplicación móvil.
- 2.5 Evaluar el funcionamiento del sistema.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. **METODOLOGÍA**

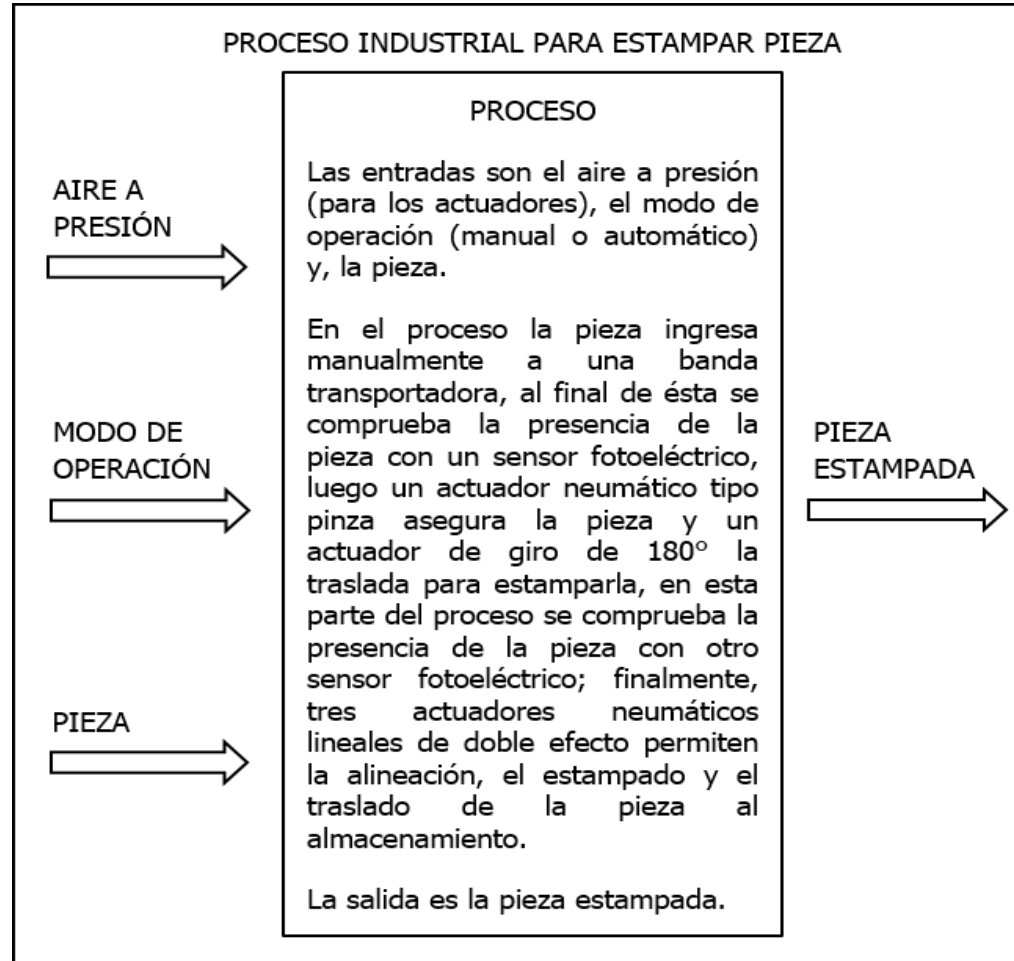
4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

METODOLOGÍA BASADA EN LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

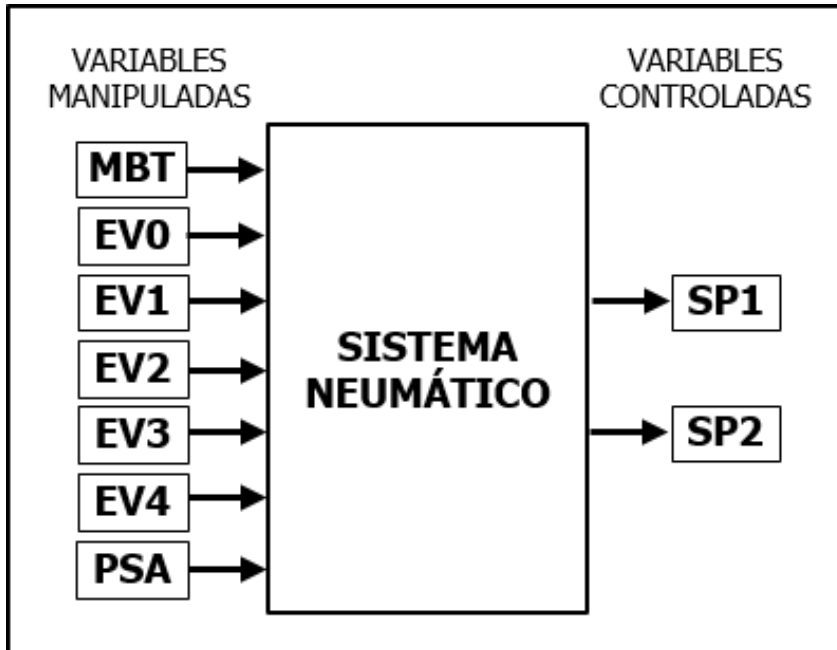
- 3.1 Narrativa de proceso.
- 3.2 Selección de tecnologías.
- 3.3 Narrativa de automatización y control.
- 3.4 Sistema embebido como controlador.
- 3.5 Narrativa de movilidad.

4.1 NARRATIVA DE PROCESO



1. EL PROBLEMA	2. OBJETIVOS	3. METODOLOGÍA	4. RESULTADOS	5. CONCLUSIONES
----------------	--------------	----------------	---------------	-----------------

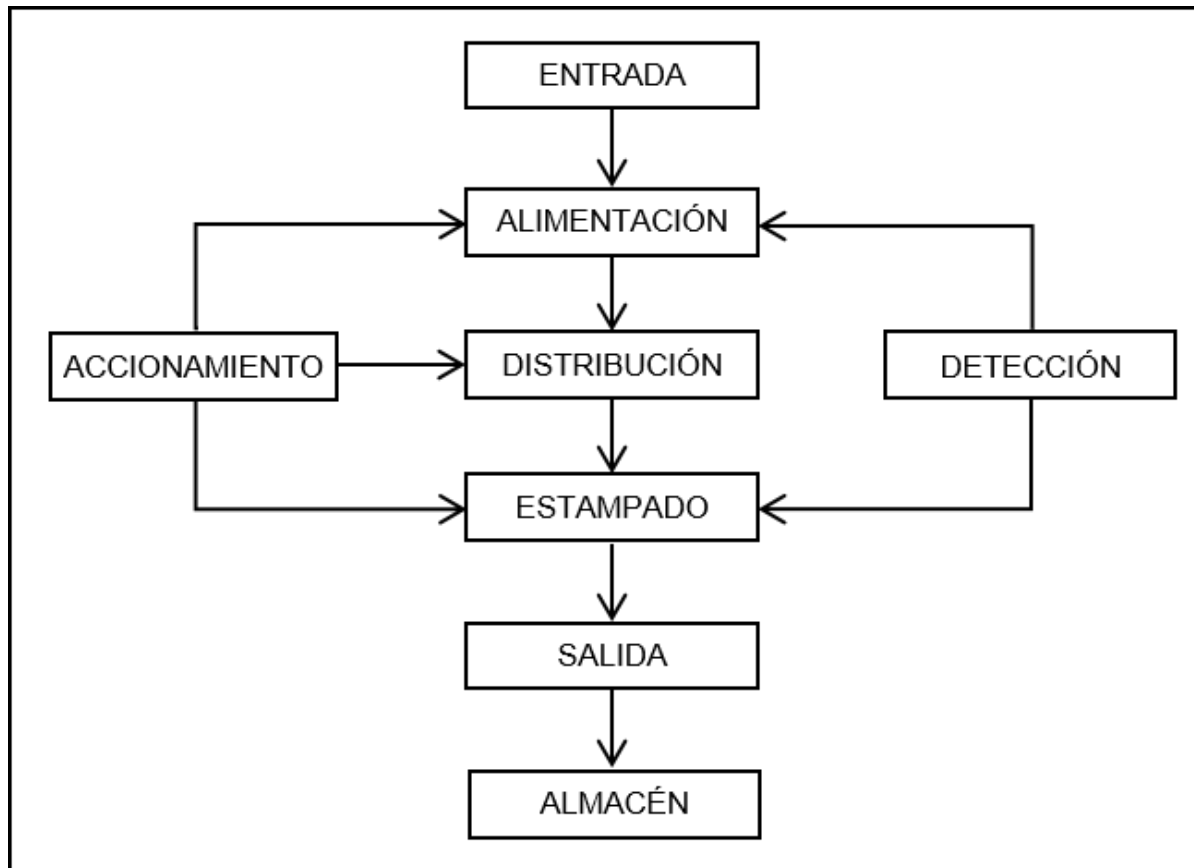
4.1 NARRATIVA DE PROCESO



TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Controlada	SP1 y SP2	Presencia de la pieza
Manipulada	PSA	Suministro de aire
	MBT	Movimiento de la banda transportadora
	EV0	Asegura la pieza
	EV1	Distribuye la pieza de un lugar a otro
	EV2	Alinea la pieza para el estampado
	EV3	Estampa el sello a la pieza
	EV4	Empuja la pieza al almacén

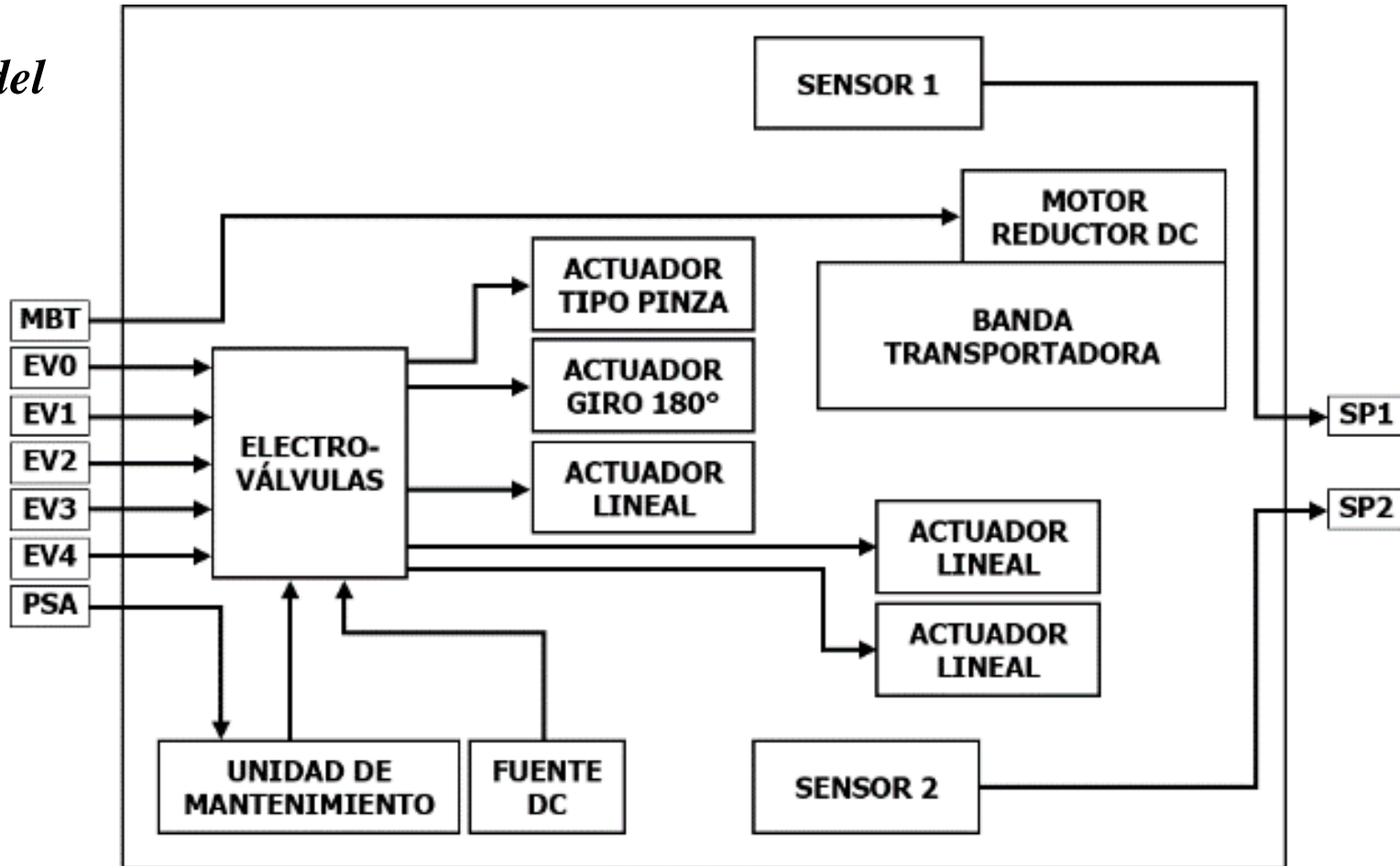
4.1 NARRATIVA DE PROCESO

Etapas del sistema neumático



4.1 NARRATIVA DE PROCESO

Componentes del sistema neumático



4.1 NARRATIVA DE PROCESO





APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

4.2 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

4.2.1 Hardware para sistema embebido.

4.2.2 Software para sistema embebido.

4.2.3 Software y hardware para la aplicación móvil.



4.2 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

4.2.1 Hardware para sistema embebido.

Método de decisión y selección binaria

- El Método de Decisión de Selección Binaria (MDSB), permite seleccionar una variable con base en atributos básicos relevantes, según requerimientos y necesidades del usuario (Cárdenas, 2004).
- Parámetros relevantes, de análisis.
- Matriz de atributos y coeficiente de énfasis y solución.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

4.2 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

4.2.1 Hardware para sistema embebido.

*Método de decisión y
selección binaria*

$$\begin{vmatrix} 0,305 \\ 0,416 \\ 0,25 \\ 0,027 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1/6 & 0/6 & 3/6 & 0/6 \\ 3/6 & 3/6 & 2/6 & 2/6 \\ 2/6 & 2/6 & 1/6 & 3/6 \\ 0/6 & 1/6 & 0/6 & 1/6 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 2/6 \\ 1/6 \\ 3/6 \\ 0/6 \end{vmatrix}$$

Hardware	Lenguaje de programación	Entorno de desarrollo	Protocolos de comunicación	Costo (dólares)
OPLC V1210	Ladder	Visilogic	Ethernet, Canbus, RS485, MODBUS, CANopen, GPRS, TCP-IP, GSM	1500
Raspberry Pi	Phyton, C, BASIC	OpenEmbedded, QUEMU, Scratchbox, Eclipse	USB, HDMI, Ethernet	35
Arduino Mega	Wiring based (C++)	Arduino IDE, Eclipse	UART, USB	30
PIC24F Starter Kit	C	MPLAB IDE	UART, USB, USB OTG	60

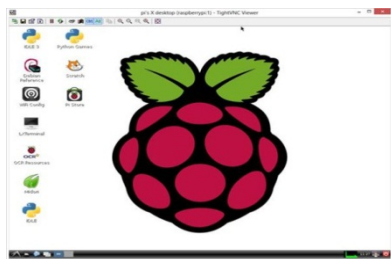
4.2 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

4.2.2 Software para sistema embebido



```
$ wget http://webiopi.googlecode.com/files/WebIOPi-0.6.0.tar.gz
$ tar xvzf WebIOPi-0.6.0.tar.gz
$ cd WebIOPi-0.6.0
$ sudo ./setup.sh
$ sudo update-rc.d webiopi defaults
$ sudo /etc/init.d/webiopi start
```

```
sudo apt-get install git-core
git clone git://git.drogon.net/wiringPi
cd wiringPi
git pull origin
./build
```

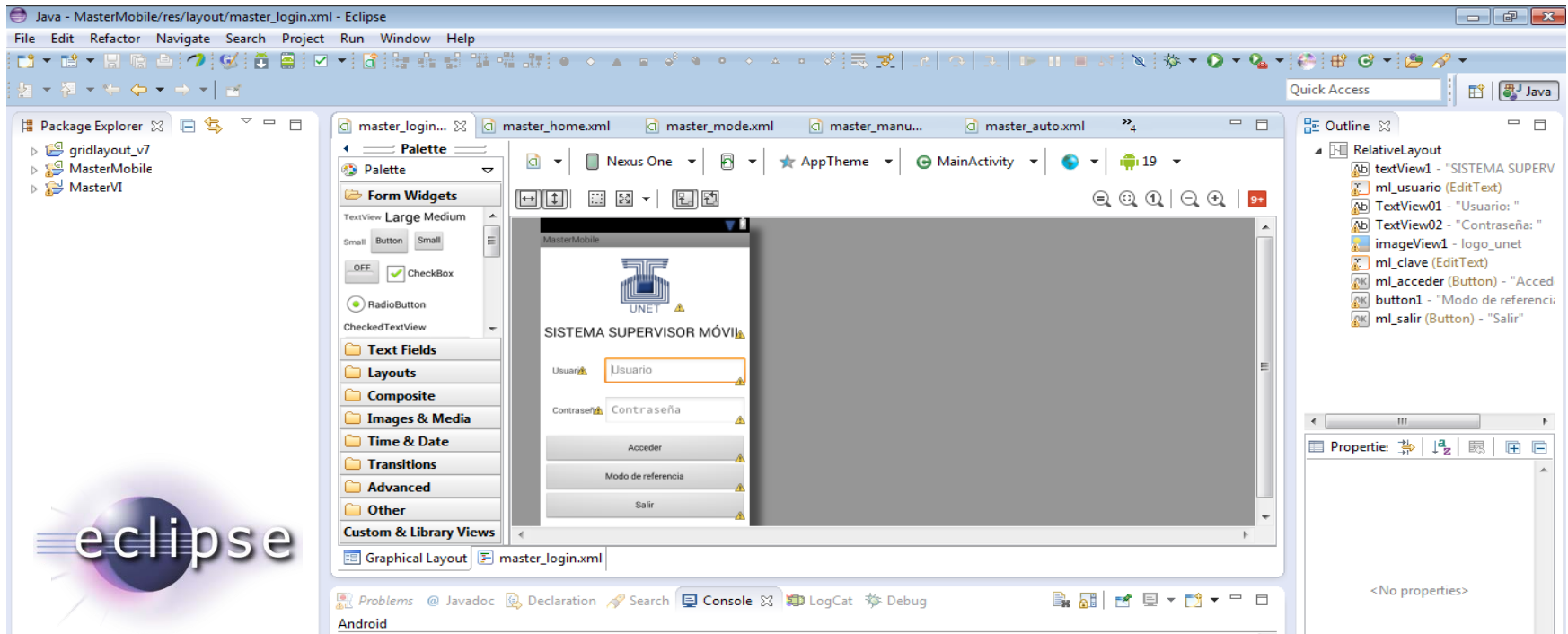


```
wget http://pi4j.googlecode.com/files/pi4j-0.0.5.deb
sudo dpkg -i pi4j-0.0.5.deb
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```


4.2 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

4.2.3 Software y hardware para la aplicación móvil

Paquete completo que integra el entorno de desarrollo integrado eclipse y el kit de desarrollo para Android ADT, Android SDK.



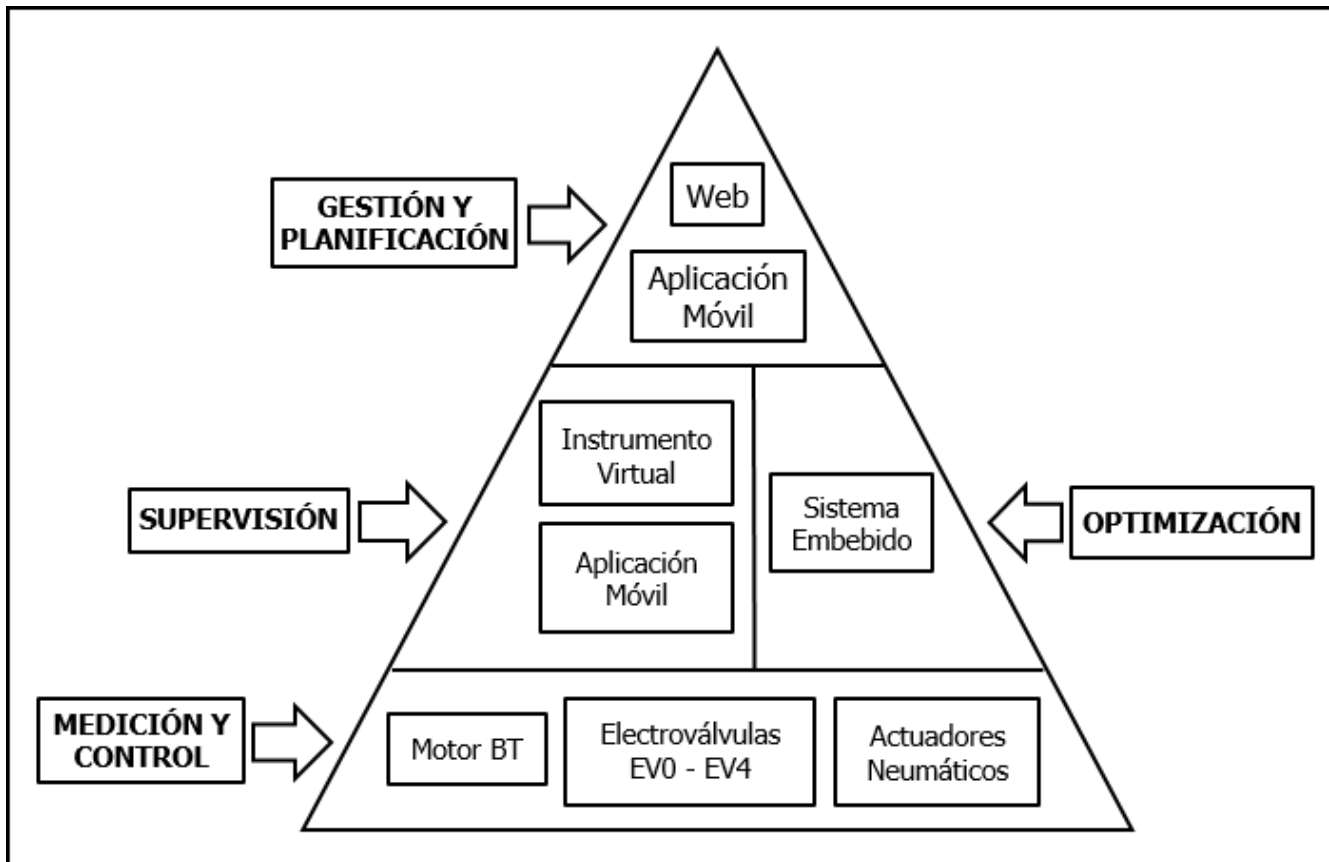
4.2 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

4.2.3 Software y hardware para la aplicación móvil

Dispositivos móviles con sistema operativo Android versión 2.0 en adelante.

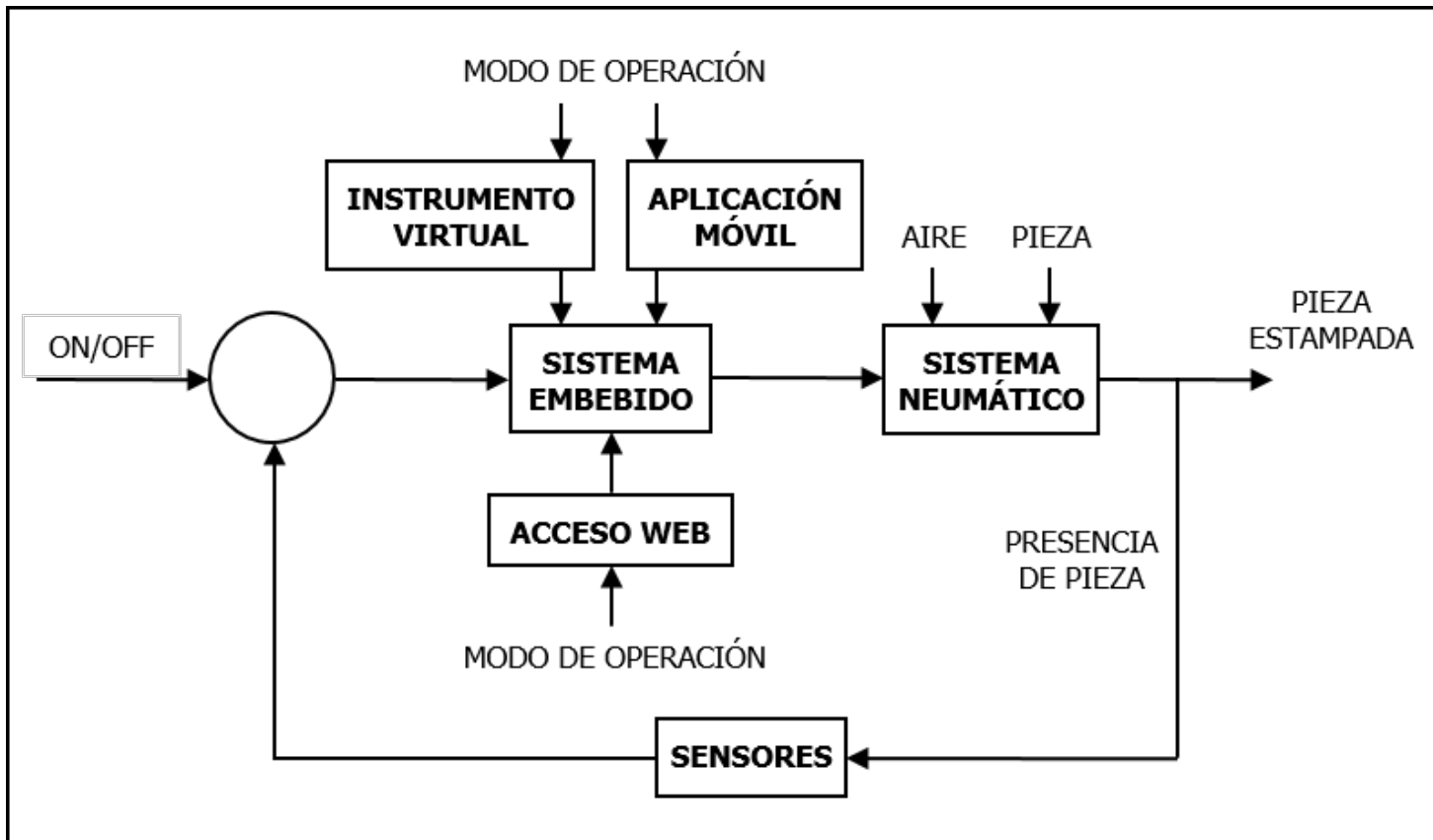


4.3 NARRATIVA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL



Pirámide de automatización del proceso industrial

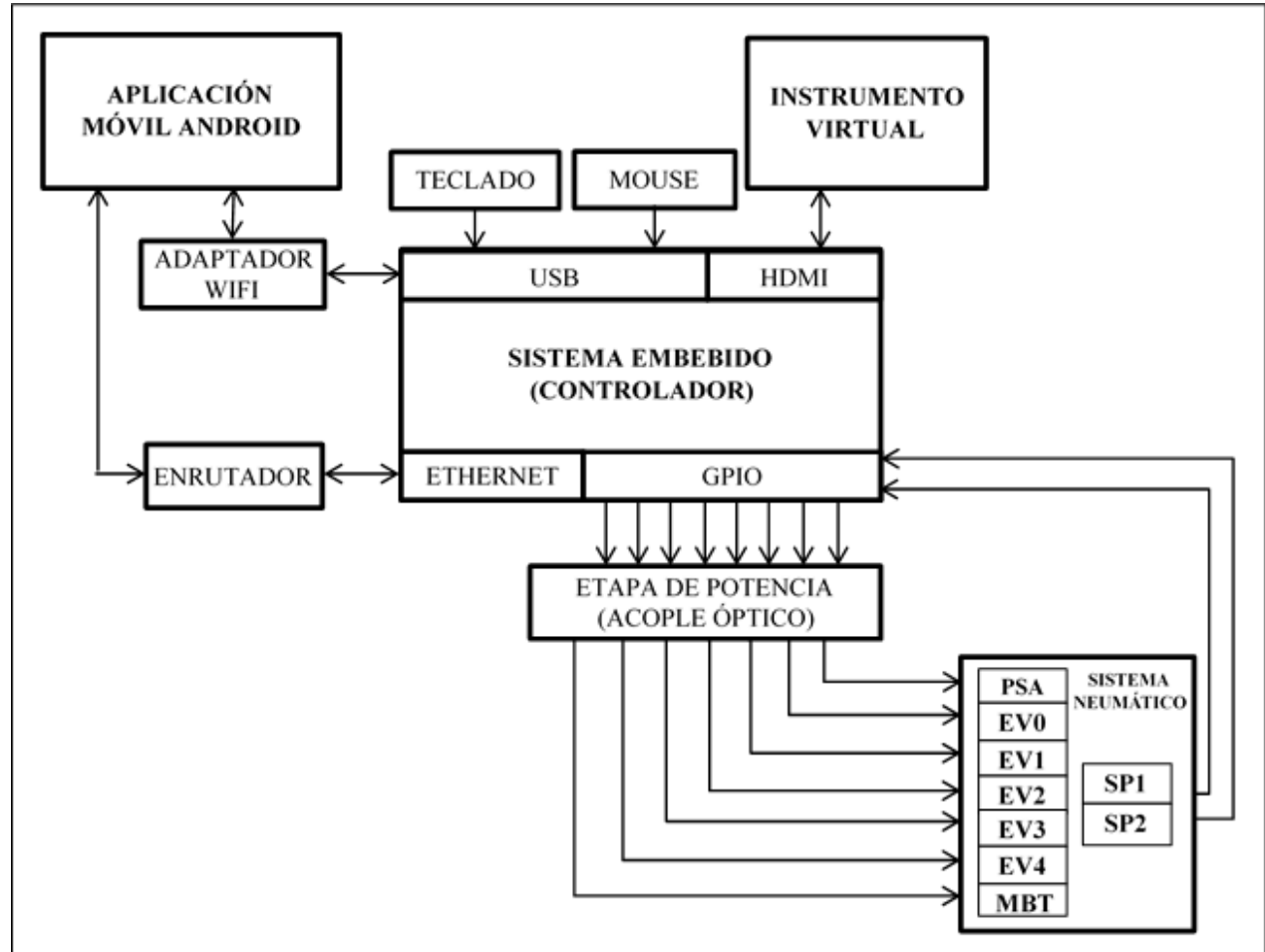
4.3 NARRATIVA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL



Lazo de control del proceso industrial

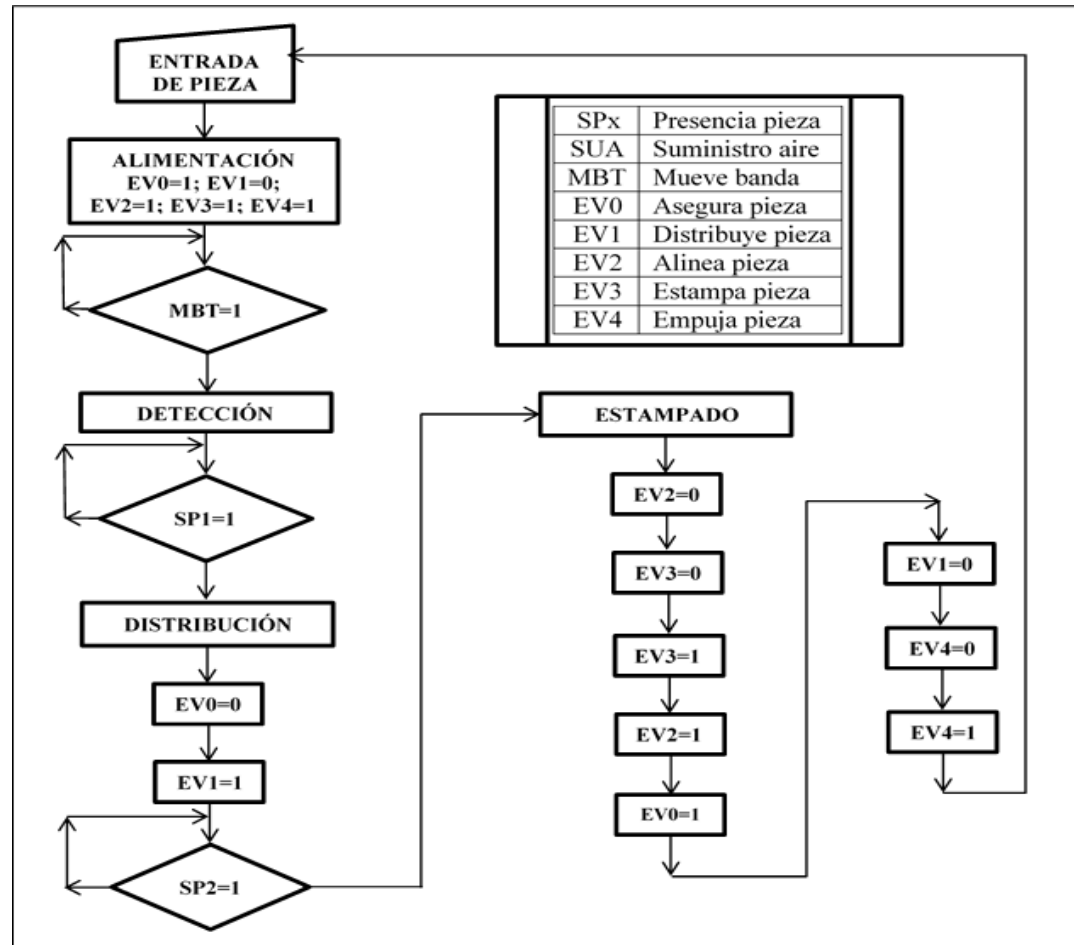
4.3 NARRATIVA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

*Implementación del lazo
de control del proceso
industrial*

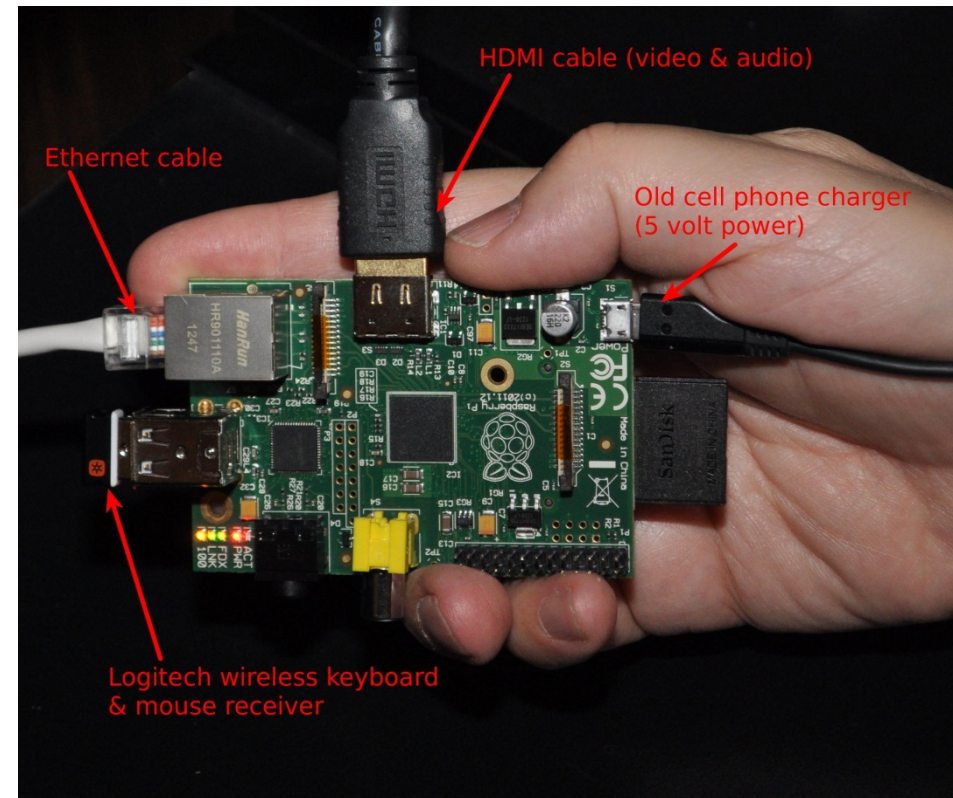
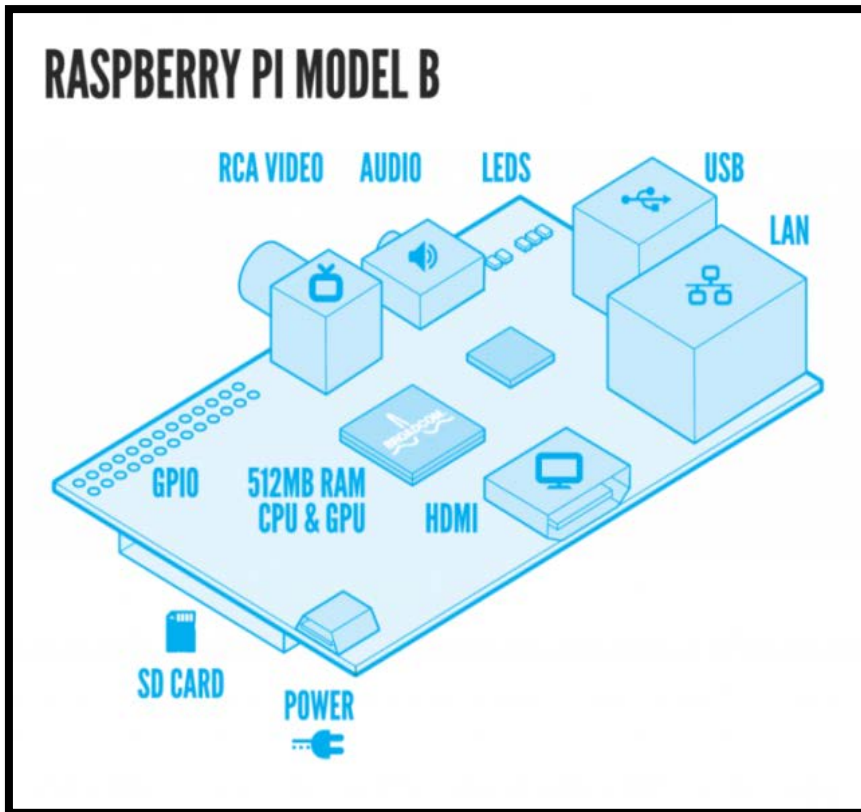


4.3 NARRATIVA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

*Diagrama de flujo del
proceso industrial*

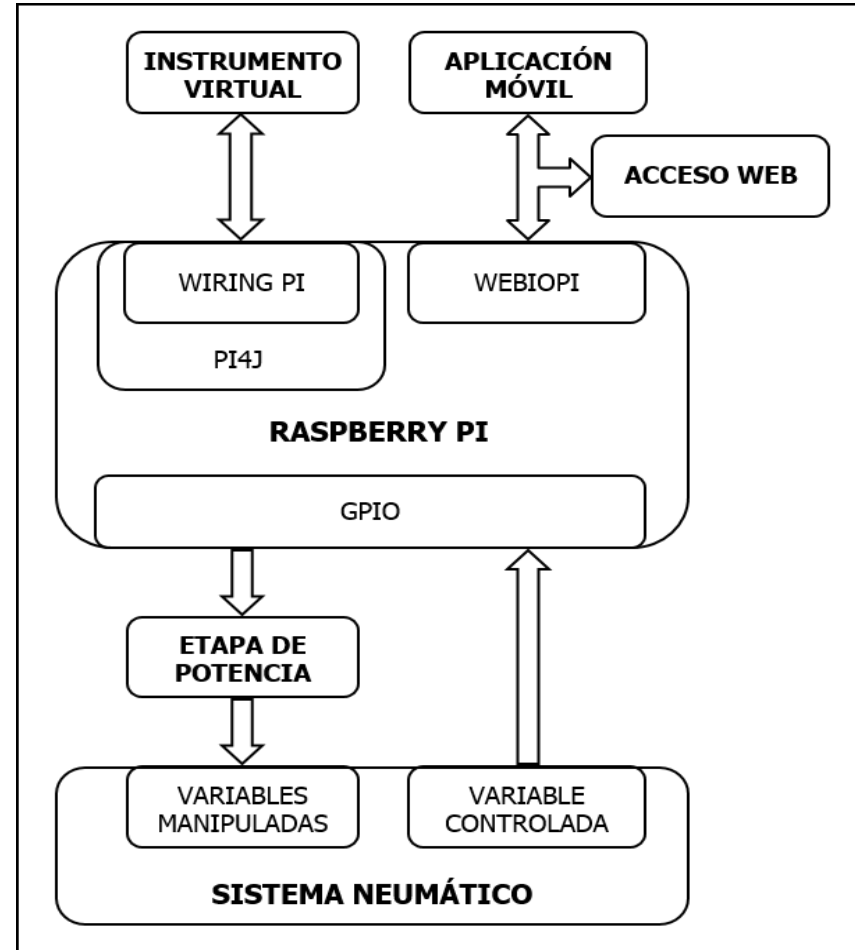


4.4 SISTEMA EMBEBIDO COMO CONTROLADOR



4.4 SISTEMA EMBEBIDO COMO CONTROLADOR

Algoritmo para sistema embebido





APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

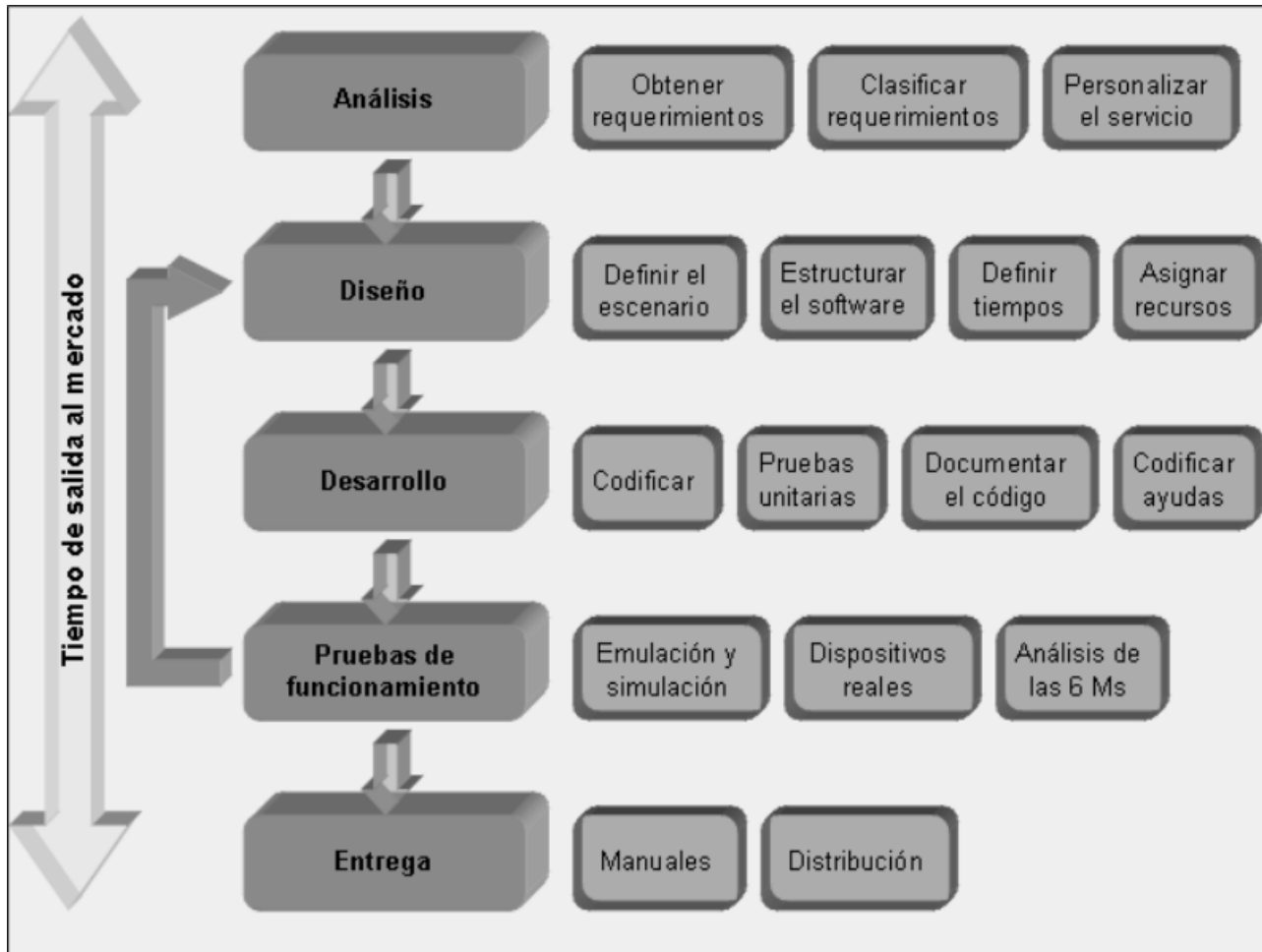
4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD

*Es denominada **MasterMobile**.*

*Es desarrollada mediante la metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles, **DAM**, la cual implementa las etapas de:*

- *Análisis de requerimientos.*
- *Diseño.*
- *Desarrollo.*
- *Pruebas de funcionamiento.*
- *Entrega*

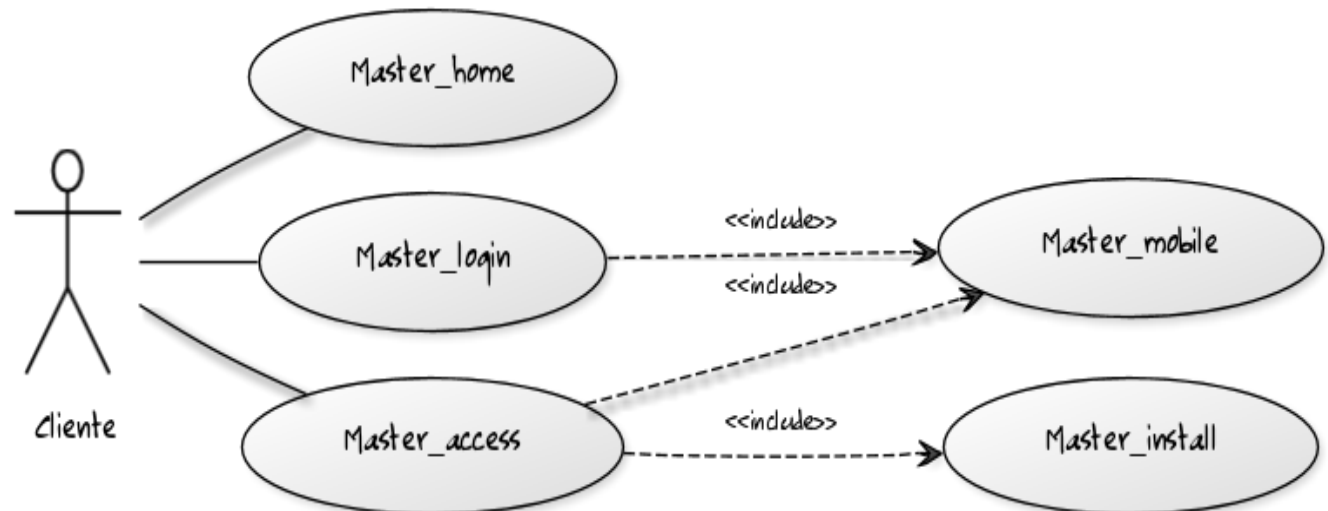
4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD



4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD

- *Análisis de requerimientos y diseño. Concepto de las metodologías ágiles de diseño de la ingeniería de software aplicado a la metodología DAM utilizando diagramas de lenguaje unificado de modelado (Unified Modeling Language, UML)*

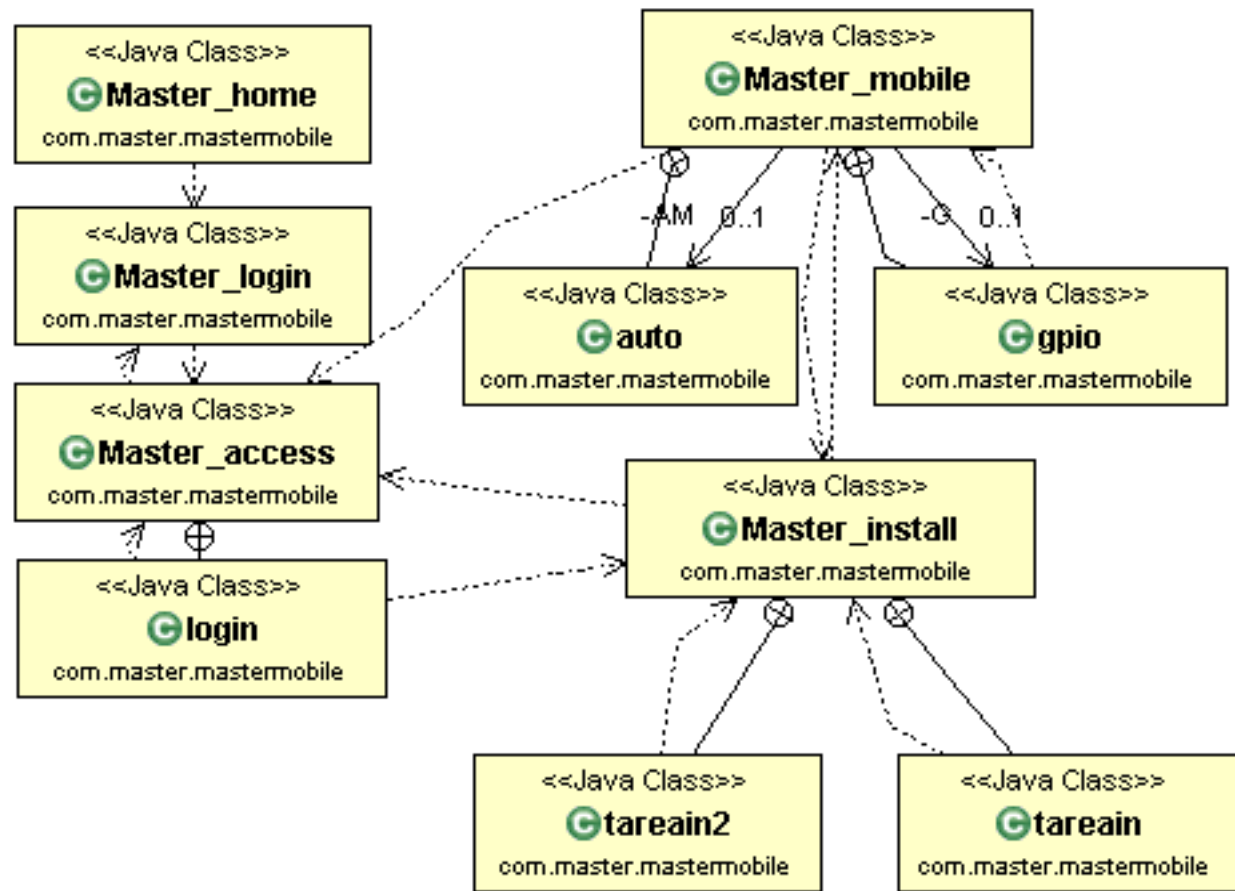
Diagrama de casos de uso



4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD

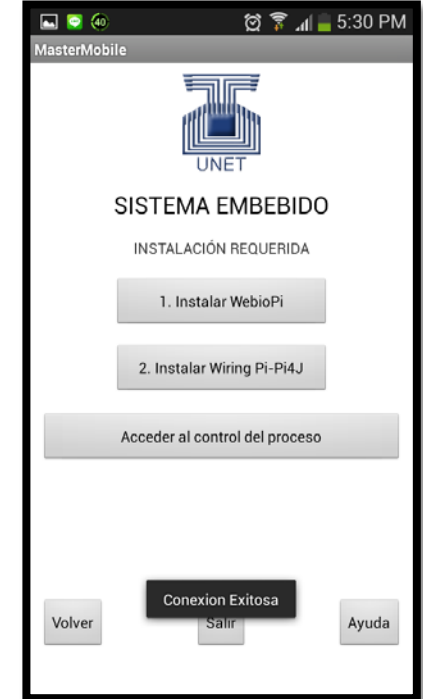
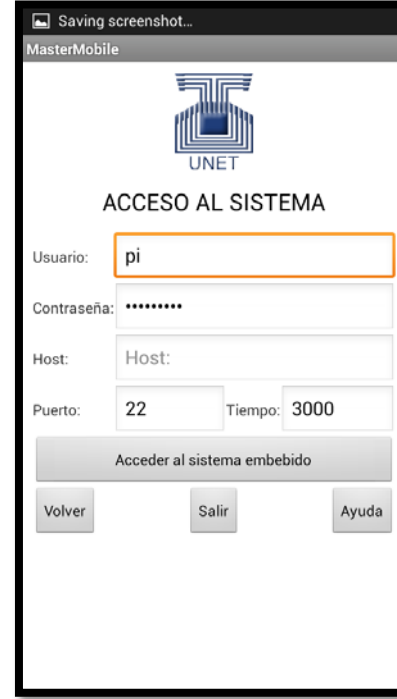
- *Análisis de requerimientos y diseño.*

Diagrama de clases



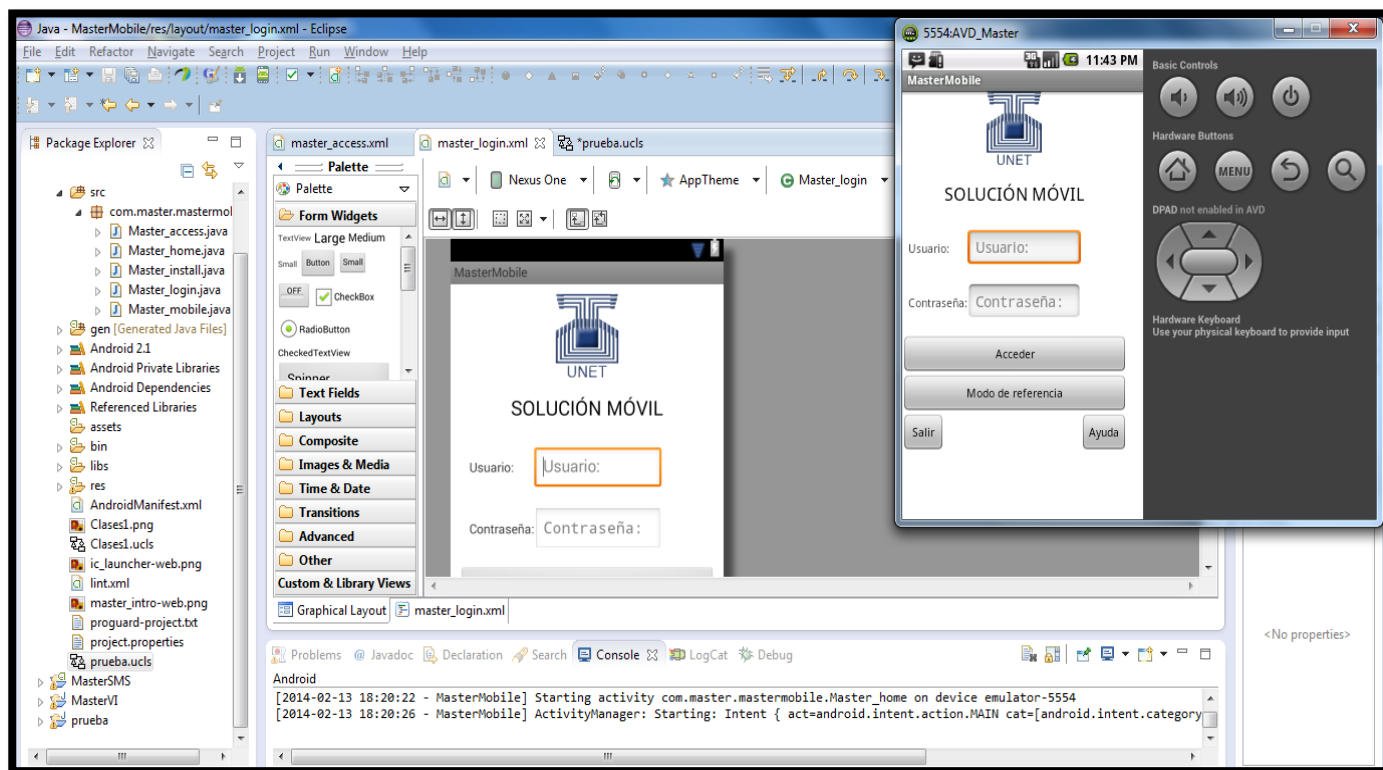
4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD

- *Desarrollo.*



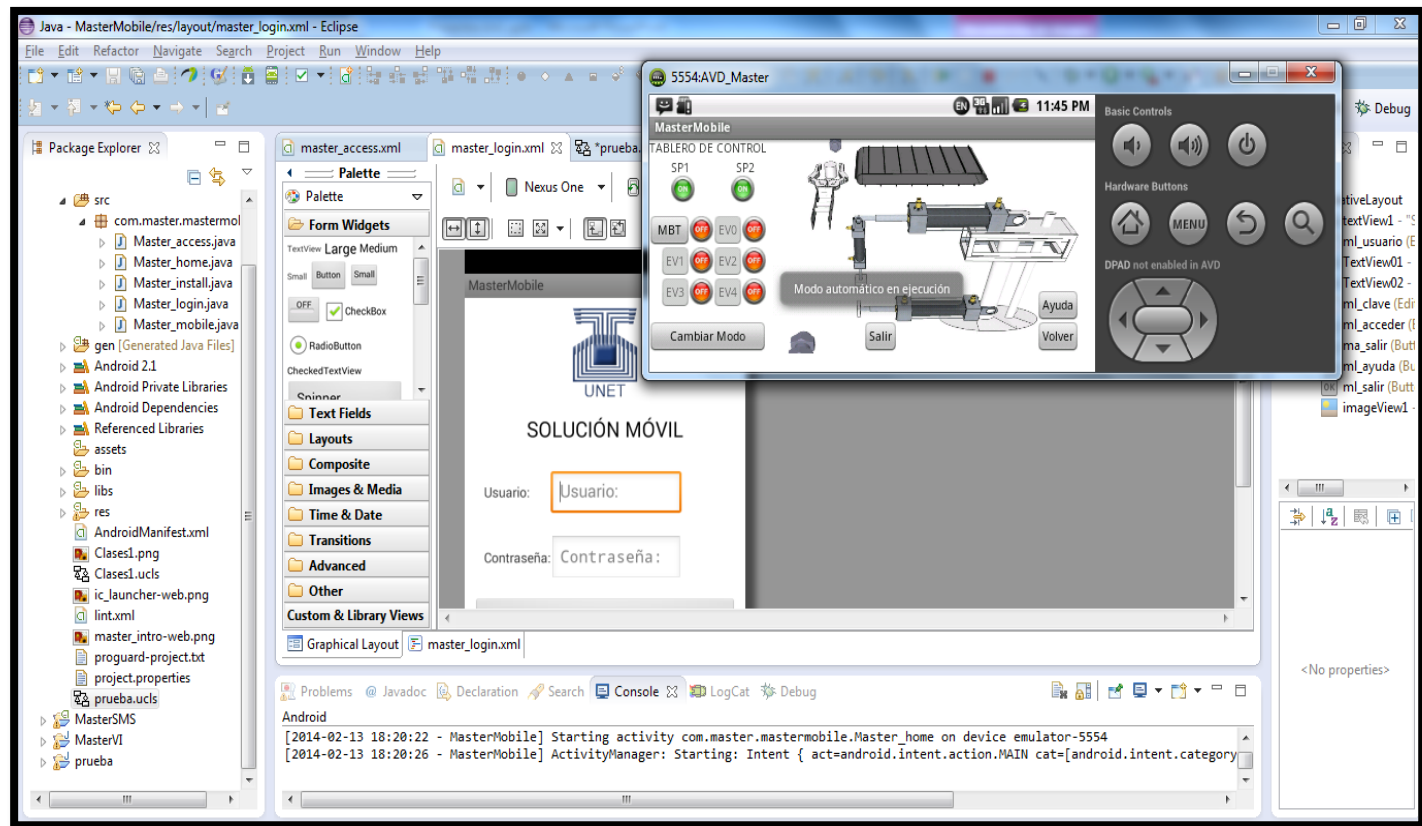
4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD

- *Pruebas de funcionamiento y entrega.*



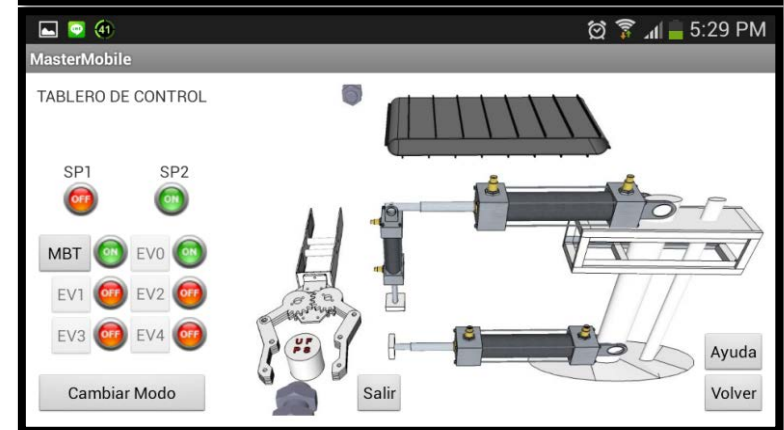
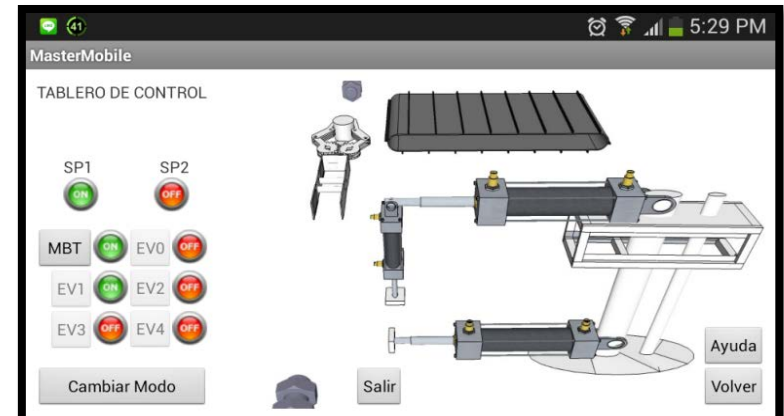
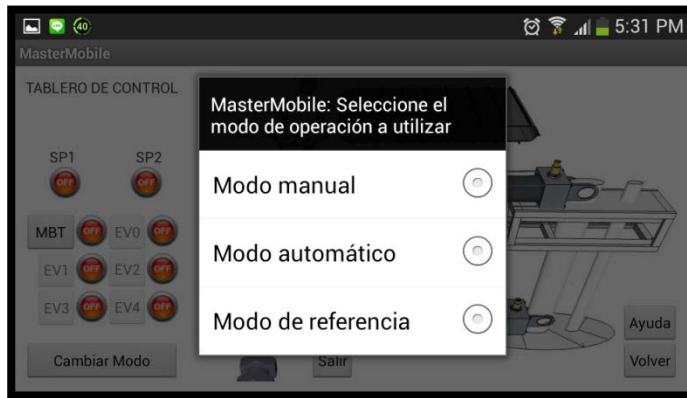
4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD

- *Pruebas de funcionamiento y entrega.*



4.5 NARRATIVA DE MOVILIDAD

- *Pruebas de funcionamiento y entrega.*





APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

EVALUACIÓN

- Se realizaron dos evaluaciones a la aplicación móvil, denominadas las **6 M's** (Ahonen & Barret, 2002) y la **usabilidad** (Ferré, 2010).
- La evaluación del potencial de éxito de las **6M's** debe su nombre a los seis (6) atributos que se miden para cuantificar el potencial de éxito de una aplicación móvil. Estos atributos se denominan *Movement* (Movimiento), *Moment* (Momento), *Me* (Yo), *Multi-user* (Múltiples usuarios), *Money* (Dinero) y *Machines* (Máquinas).



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

EVALUACIÓN

- La **usabilidad** está definida como la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso. Los diferentes autores e investigadores del campo, han definido cinco (5) atributos básicos para evaluar la usabilidad, denominados **Facilidad de aprendizaje, Eficiencia, Recuerdo en el tiempo, Manejo de errores y Satisfacción.**



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

EVALUACIÓN

Evaluación de las 6 M's

- El atributo Movimiento obtuvo un valor de cuatro con cinco (4.5), porque el usuario puede simultáneamente realizar desplazamientos y gestionar el proceso industrial, utilizando como medio de conexión la red privada Wi-Fi o la red del operador.
- El atributo Momento obtuvo un valor de cuatro con cuatro (4.4), porque es posible gestionar el proceso industrial en el instante que se considere conveniente, sujeto a la disponibilidad de la red de telecomunicaciones que se utilice.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

EVALUACIÓN

Evaluación de las 6 M's

- El atributo Yo obtuvo un valor de cuatro con siete (4.7), porque la interfaz cumple rigurosamente con las características y los requerimientos del proceso industrial, además permite configurar el perfil de los usuarios dependiendo del rol que desempeñen.
- El atributo Múltiples usuarios obtuvo un valor de dos con cinco (2.5), porque aunque el servicio permite que varios usuarios realicen acciones simultáneamente sobre el proceso industrial, no incorpora la interacción entre ellos.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

EVALUACIÓN

Evaluación de las 6 M's

- El atributo Dinero obtuvo un valor de cuatro con tres (4.3), considerando que la empresa se beneficia porque el operario que gestiona el proceso industrial puede realizar simultáneamente otras labores, dentro de una zona de cobertura; porque implementar tecnologías de uso libre reduce los costos de inversión; porque mejora su nivel de competitividad; y porque la aplicación puede hacer uso de la red de telecomunicaciones privada.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

EVALUACIÓN

Evaluación de usabilidad

- El atributo Facilidad de aprendizaje obtuvo un valor de cuatro con dos (4.2), porque la aplicación es bastante intuitiva y cuenta con la opción de ayuda en cada pantalla, que provee de información adicional al usuario concerniente a la funcionalidad de la aplicación.
- El atributo Eficiencia obtuvo un valor de tres con cinco (3.5), porque la aplicación está limitada completamente por la capacidad del enrutador que gestiona la conexión entre el dispositivo móvil y la Raspberry Pi.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

EVALUACIÓN

Evaluación de usabilidad

- El atributo Recuerdo en el tiempo obtuvo un valor tres con ocho (3.8), porque las opciones de ayuda y la información incluida en las pantallas, mejora el aprendizaje y por ende su recuerdo en el tiempo también.
- El atributo Manejo de errores obtuvo un valor de cuatro con uno (4.1), porque la aplicación cuenta con un código estructurado que impide al usuario cometer errores que provoquen el mal funcionamiento del proceso o de la misma aplicación.
- El atributo Satisfacción obtuvo un valor de cuatro (4.0), y no obtuvo justificaciones, indicando los usuarios que el valor estaba sujeto simplemente al nivel de cumplimiento de la expectativa que tuvieron del servicio.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Fue posible utilizar tecnologías de código abierto para automatizar el proceso industrial, demostrando la posibilidad que tienen las MIPYMES de aplicar estas tecnologías para mejorar su nivel de competitividad, y fundamentando las bases para las futuras investigaciones.
- La aplicación móvil desarrollada, permitió al operario del proceso industrial desplazarse en una zona de cobertura, posibilitando desarrollar otras labores, mientras gestiona de manera controlada la producción.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- La incorporación de la narrativa de movilidad a la ingeniería básica y de detalle, incluyó la aplicación móvil en los niveles de supervisión y, gestión y planificación, agregando el atributo de movilidad a la tradicional instrumentación virtual.
- Es posible incluir alarmas sobre los estados del proceso industrial, a través de notificaciones basadas en tecnologías como SMS, bluetooth, wifi, correo electrónico, entre otros, tecnologías y servicios ofrecidos por los operadores de telefonía.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR UN PROCESO INDUSTRIAL



1. EL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- La implementación de la Raspberry Pi como controlador de la planta, cumplió satisfactoriamente con las exigencias de los parámetros y atributos (protocolos de comunicación, lenguajes de programación, entornos de desarrollo y costos), comprobando el resultado de aplicar el método de decisión y selección binaria.
- La Raspberry Pi se puede programar mientras ejecuta la lógica de control del proceso, posibilitando corregir errores y maximizar su rendimiento, en tiempo real, sin interrumpir la producción. Esto aumenta su posibilidad de uso en el área del control.



APLICACIÓN MÓVIL PARA SUPERVISAR Y CONTROLAR
UN PROCESO INDUSTRIAL



¡Gracias por su atención!